

Rec'd PCT 01 FEB 2005

522,887
10/522887

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 2 月 12 日 (12.02.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/013916 A1

(51) 国際特許分類: H01L 33/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009836

(22) 国際出願日: 2003 年 8 月 1 日 (01.08.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願2002-225043 2002 年 8 月 1 日 (01.08.2002) JP

特願2002-256884 2002 年 9 月 2 日 (02.09.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日亜化学工業株式会社 (NICHIA CORPORATION) [JP/JP]; 〒774-8601 徳島県 阿南市 上中町岡 4 9 1 番地 1 0 0 Tokushima (JP).

(72) 発明者: および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 楠瀬 健 (KUSUSE, Takeshi) [JP/JP]; 〒774-8601 徳島県 阿南市

上中町岡 4 9 1 番地 1 0 0 日亜化学工業株式会社内 Tokushima (JP). 坂本 貴彦 (SAKAMOTO, Takahiko) [JP/JP]; 〒774-8601 徳島県 阿南市 上中町岡 4 9 1 番地 1 0 0 日亜化学工業株式会社内 Tokushima (JP).

(74) 代理人: 石井 久夫, 外 (ISHII, Hisao et al.); 〒540-0001 大阪府 大阪市 中央区城見 1 丁目 3 番 7 号 I M P ビル 青山特許事務所 Osaka (JP).

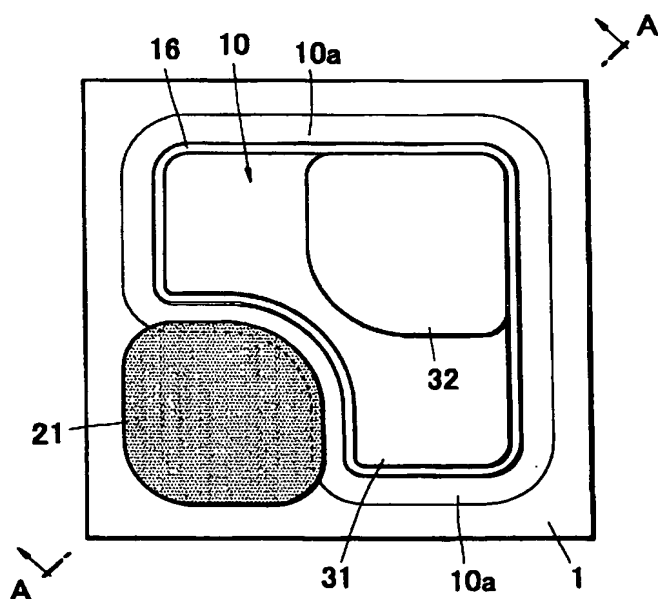
(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE, METHOD FOR MANUFACTURING SAME AND LIGHT-EMITTING APPARATUS USING SAME

(54) 発明の名称: 半導体発光素子及びその製造方法並びにそれを用いた発光装置



(57) Abstract: A nitride semiconductor light-emitting device comprising a multilayer portion deposited on a substrate and having an n-type semiconductor layer, an active layer and a p-type semiconductor layer, wherein the multilayer portion emits light. The lateral surface of the multilayer portion is a slope including the surface of the n-type semiconductor layer, and an n electrode is formed on the surface of the n-type semiconductor layer. With the above-described device structure, the luminous efficiency and light-output efficiency are increased.

BEST AVAILABLE COPY

[続葉有]

WO 2004/013916 A1



AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

(57) 要約: 基板上に、n型半導体層、活性層及びp型半導体層が積層されてなる積層部を有し、その積層部で発光する窒化物半導体発光素子において、積層部の側面は、n型半導体層の表面を含む傾斜面であり、そのn型半導体層の表面にn電極が形成されている。こうした素子構造により、発光効率が高くかつ光の出射効率が高くなる。

明 細 書

半導体発光素子及びその製造方法並びにそれを用いた発光装置

5 技術分野

本発明は、半導体を用いた発光素子に係り、特に窒素を含む化合物半導体である窒化物半導体を用いた素子に係り、窒化物半導体の発光素子は、 GaN 、 AlN 、もしくは InN 、又はこれらの混晶である $III-V$ 族窒化物半導体（ $In_bAl_{1-b}Ga_{1-b-c}N$ 、 $0 \leq b$ 、 $0 \leq d$ 、 $b+d < 1$ ）を用いた発光素子で、
10 発光装置、投光器、集合ランプ、イルミネーション、光結合装置、光検知装置、光通信装置、光ファイバモジュールの光源などに用いられる発光素子及びその発光素子の製造方法に関する。

背景技術

15 近年、窒化ガリウム系化合物半導体を用いた発光ダイオードが、紫外域、青色等の比較的短い波長域を中心に広く用いられるようになって来ている。この窒化ガリウム系化合物半導体は直接遷移であり発光効率が高いことからその適用範囲が拡大している。

そのような発光素子には様々な素子構造、特に半導体の積層体の形状、電極
20 構造・配置が提案されている。

発明の開示

(第1の発明)

25 本発明は半導体の積層体を有する発光素子において、その積層体、積層部の形状を発光素子の発光効率、特に、光取出し効率、放熱特性に優れ、高出力で高信頼性の発光素子を提供するものである。具体的な構造としては、半導体層の構造体、例えば、第1導電型層と第2導電型層に挟まれた発光層を有する構造体が、発光素子に含まれ、その積層構造体に、発光層、第1、2導電型層の接合部（ $p-n$ 接合部）、基板、電極形成面などの面に傾斜した側面を有する

構造部を有して、その傾斜構造部底面が方形状、多角形状であって、その底面角部において、底面角部の丸み、面取りが大きくなるように上面に延びる傾斜側面を有している。これにより、底面よりも上面に近い発光部を備えた発光素子構造体において、その発光部において発生した光をその発生部近傍にあるその角部傾斜面でもって、光の散乱が促進され、効果的に光を素子外部に取り出せる構造となる。

その具体的な構成は下記の通りである。

第1導電型層2と第2導電型層3とに挟まれた発光層4を有する構造を備えた半導体発光素子10000において、前記第1、2導電型層2、3、発光層4の少なくとも一部が含まれて、断面において構造部幅の大きい底面側10gと小さい上面側10fを備えて、対向する側面10x、10yが互いに傾斜した構造部10が設けられると共に、前記構造部10側面10x、yが、底面側10gよりも上面側10fの幅が大きな第1側面10xと、上面側よりも底面側の幅が大きな第2側面10yと、を有することを特徴とする半導体発光素子である。具体的には、図53A、Cに示すように、素子の構造部10において、底面側10gよりも面積の小さい上面側10fであって、図中の1点鎖線部10x-1、10x-2に挟まれた、区切られた側面について、各角部を構成する側面10xが、上面側に向かって幅が大きくなるような側面として形成され、他方、上面側に向かって幅が小さくなるような側面10yが設けられた構造を有することで、図53Bに見るように、図中の矢印の発光素子からの光が、構造部の高さ方向に（上面側に近づくにつれて）、その幅が逆に変化する側面10x（大きくなる）、10y（小さくなる）ことで、その構造部内において、構造部高さにより、その高さの面（上面に平行な面若しくは高さ方向軸を法線とする面）における各側面により構成される各辺の長さの比が変化し、またその高さ面に上面側に設けられて被さる側面の占有面積比が変化することから、これら側面による底面側への光の反射が分散されて、光が偏る傾向にある発光素子において、均一性、光取り出しに優れた発光素子が得られる。

前記第1側面10xが、底面10gにおいて構成辺10g-1、-2に挟まれた角部10g-xに設けられていることを特徴とする半導体発光素子である。

その具体例として、図 5 3 A の構造部 1 0、及びその部分拡大図 5 3 B、別の形態を説明する図 5 3 C に見るように、方形状、多角形状の底面部 1 0 g から上面に近づくにつれ断面幅が小さくなるような傾斜側面を備えた構造部 1 0 で、その底面若しくは上面の角部が、切り子、若しくは隅切形を形成する第 1 側面 1 0 x が設けられることで、上述したような発光素子内に伝搬する光を効果的に底面側方向に反射させる構造、若しくは上面側方向に取り出す構造とできる。

前記構造部が、その内部に前記発光層を備えることを特徴とする半導体発光素子である。図 5 3 A ~ D の点線部 4 として示すように、発光素子において、発光源となる発光層が上記特有の形状を有する構造部内、上記上面と底面間に設けられることで、素子内部への無駄な伝搬を減らし、光源から近距離において、上記側面に依る反射、光取り出し効果が得られ、光取り出し効率に優れる発光素子が得られる。

前記構造部の底面側が方形状、多角形状であり、該形状の底面側構成辺に前記第 2 側面が設けられ、該形状の角部が前記第 1 側面が設けられていることを特徴とする半導体発光素子である。上述したように、角部 1 0 x が上面側に近づく、高さが高くなるにつれて、幅広となる末広型の第 1 側面 1 0 x が設けられ、他方底面側に近づくにつれて幅広となる末広型の第 2 側面 1 0 y が、底面の構成辺 1 0 g - 1, - 2 を形成することで、底面部を所望の形状として、その角部が高くなるに従い末広型の側面として形成されることとなり、様々な形状について上記本発明ができようできる。

前記構造部が錐体形状を有することを特徴とする発光素子である。後述する第 2, 3 の発明と同様に、錐体形状であることで、面内集積度を高め、加工精度に優れた好適な発光素子が得られる。

前記第 1 側面が、構造部外側に向かって凸な湾曲面であることを特徴とする半導体発光素子である。図 5 3 B に示されるように、第 1 側面と第 2 側面とが互いに異なる曲面、曲率半径、若しくは第 2 側面が平面で形成されることで、光の反射、取り出し機能において、様々な方向への放散が可能となり、光の集中を軽減した発光素子が得られる。

前記構造部上面、底面における第 1 側面が丸みを帯びた構成辺を形成し、該

丸みの曲率半径が底面側より上面側が大きいことを特徴とする半導体発光素子である。図53Bに見られるように、具体的な構成として、曲率が上面側ほど大きくなることで、上面の法線方向において、傾斜面（その前記法線方向への投影像が重なる領域）にとは、光伝搬性能が異なることになるが、図に見るよ
5 うに、上面の面内方向への光伝搬を促すことができる。また、後述するマスク形成において、上面側が曲率半径の大きな角部丸めが施されることで、マスクの形成精度が高まり、もって、傾斜面に電極、保護膜を形成する際の精度を高めて、精密なデバイス構造をとることができ、特性に優れた素子が得られる。

前記発光素子が、前記構造部を複数有して、各構造部がほぼ同時に発光されるように電極構造が形成されていることを特徴とする発光素子である。
10

前記発光素子が、構造部上面に同一面側に正負一对の電極を有することを特徴とする発光素子である。後述の第2の発明に同様な素子構造とできる。

前記発光素子の一方の電極は、前記構造部側面の一部を覆って形成されていることを特徴とする発光素子である。

前記構造部が基板上に互いに分離されて複数設けられ、各構造部がほぼ同時に発光できるように電極が設けられていることを特徴とする発光素子である。
15

前記発光素子が構造部上面側を実装面側として、実装基体に載置され、前記構造部に設けられた一方の電極は、基板面の上に設けられ、他方の電極は、互いに分離された複数構造部上面に接続するような配線が前記実装基体側に設け
20 られていることを特徴とする発光素子である。図16Bに見るように、一方を半導体層積層基板側、他方を実装面側に配線して接続することで、空間を有効に活用でき、構造部間の空間に様々デバイス機能、例えば反射膜、光取り出し膜、光変換部材を備えることができ、また、基板側に絶縁膜を介して正負電極及びその配線電極を立体交差させる際のリークの問題も解決される。

前記発光素子が、構造部上面、底面側に対向配置された一对の電極を有し、それぞれ第1, 2導電型層表面に設けられていることを特徴とする発光素子である。後述の第3の発明のような対向配置電極構造の発光素子への応用が可能となる。
25

前記発光素子の構造部側面を覆う透光性絶縁膜を介して充填部材を有すること

を特徴とする発光素子である。上述したように、構造部側面は内部方向への光反射膜として機能させる際に、外部に出射した光もそれを被覆する透光性の膜、金属などの反射膜の構造部側各面により反射され、素子外部に幾重にも反射構造を備えた発光素子とでき、光制御性、発光効率に優れた発光素子が得られる。

5 前記発光素子が、複数の構造部を有し、該構造部間に凸状の充填部材を有することを特徴とする発光素子である。充填部材は、後述する第3の発明のように、金属部材7なども用いることができるが、これにより、素子の放熱性、光反射性、素子の強度に優れた素子が得られる。

10 前記発光素子の構造部が発光層を内部に有し、前記充填部材が前記発光層よりも構造部底面側に突出して形成されていることを特徴とする発光素子である。これにより、上述した放熱源、光源となる発光素子に隣接して、充填剤が設けられることになり、これらを改善した構造とできる。

(第2の発明)

15 窒化ガリウム系化合物半導体は通常、絶縁基板であるサファイア基板の上に成長されることに起因して、従来の窒化物半導体発光素子には以下のような課題があった。第1に、サファイア基板が絶縁体であるために、n側の電極とp側の電極をいずれも、サファイア基板上の窒化ガリウム半導体の上に形成する必要があり、特にn側の電極部分は、非発光領域となり、発光領域から生じた光が、GaN層を横方向に伝播する際の多重反射により吸収され、取り出し効率を低下させるという問題点があった。第2に、発光した光は基板面に対して通常は垂直方向に取り出すように構成されるが、発光ダイオードの側面から出射される光の割合が比較的高く、発光した光を効果的に利用することができないという問題があった。

20 そこで、本発明は、n側電極下部での多重反射をなくし、n側の電極による吸収を低減し、取り出し効率の高い窒化物半導体発光素子を提供することを第1の目的とする。また、本発明は発光した光を効果的に利用することができる窒化物半導体発光素子を提供することを第2の目的とする。

以上の従来の問題点を解決するために、本発明(第2の発明)に係る窒化物半導体発光素子は、基板上に、n型半導体層、活性層及びp型半導体層が積層さ

れてなる積層部を有し、その積層部で発光する窒化物半導体発光素子において、上記積層部の側面は、上記n型半導体層の表面を含む傾斜面であり、そのn型半導体層の表面にn電極が形成されたことを特徴とする。以上のように構成された窒化物半導体発光素子は、光の出射効率を高くできる。

5 本発明に係る窒化物半導体発光素子では、上記n電極は上記積層部を囲むように形成されていることが好ましい。これにより、少ない面積の電極接触面（半導体構造体への電流供給面）であっても効率的な素子構造体への電流注入が実現される。

10 また、本発明に係る窒化物半導体発光素子では、上記n電極を上記基板の側面から上記基板の下面にも連続して形成することができる。このようにすると、p側オーミック電極を透光性電極としてその透光性電極を介して光を出射させる場合に、上記基板の側面及び上記基板の下面で反射した光も透光性電極を介して出力できるので、光の取り出し効率を高くできる。

15 また、本発明に係る窒化物半導体発光素子では、上記発光領域となる積層部を複数形成することもでき、これにより、大面積でかつ発光効率の高い窒化物半導体発光素子を構成できる。

 上記積層部を複数形成した窒化物半導体発光素子では、上記各積層部に形成されたn電極を互いに接続して共通電極として形成することができる。これにより、上記発光領域である積層部を容易に並列接続することが可能となる。

20 また、上記積層部を複数形成した窒化物半導体発光素子では、上記n電極を互いに接続して共通電極として形成するとともに、上記各積層部において形成された上記p型半導体層とオーミック接触するp側オーミック電極を互いに接続することもできる。これにより、上記発光領域である積層部が素子上で並列接続された窒化物半導体発光素子を提供できる。各積層部を電氣的に接続する配線電極は、
25 正負とも基板側に配線され設けられていても良く、一方（基板側の第1導電型層であるn型層）を基板側、例えば基板面上、第1導電型層の積層部から露出した露出面（電極形成面上など）に配線して、他方（第1導電型層よりも基板に遠い第2導電型層であるp型層）を発光素子を実装する実装基体、例えばヒートシンク、サブマウントなど、若しくは発光装置の素子実装部、実装側リード、側に発

光素子に設けられた複数の積層部上部側電極間を互いに接続可能なような配線を設けても良い。他方を発光素子外部の実装基体（実装素子）側、発光装置実装部側に配線すると、発光素子において凸状の積層部による素子上面の起伏、凹凸が大きい場合に精度良く配線困難な場合にも良好に複数の積層部を接続でき、また、
5 他の構造物、例えば反射膜、絶縁膜、保護膜の形成が容易になり、より好適な素子構造が得られ好ましい。

また、本発明に係る窒化物半導体発光素子において、基板側から光を出力するように構成する場合には、光の出射効率を高くするために、上記積層部を覆うように反射層を形成することが好ましい。この場合、基板材料は、発光素子が発光
10 する光・電磁波に対して透過性に優れ、自己吸収が少なく、透明な基板を選定すると良い。

また、上記窒化物半導体発光素子において、上記金属層は、上記積層部のp型半導体層にそれぞれ形成されたpオーミック電極を接続する接続電極により構成することができる。

本発明に係る窒化物半導体発光素子において、上記反射層は上記積層部を覆うように絶縁膜を介して金属層を形成することにより形成してもよいし、誘電体多層膜により構成するようにしても良い。また、光・電磁波透過性の絶縁膜の屈折率と、発光積層部の半導体材料の屈折率を適宜調整することで、透過性絶縁膜も
15 反射膜とでき、多層膜とする構成もでき、これら、分布ブラック反射膜（DBR）の誘電体多層膜、光反射膜、絶縁膜を組み合わせ使用することもできる。

本発明に係る窒化物半導体発光素子において、上記傾斜側面は、外側に膨らんだ凸曲面とすることもできる。このように凸面、凸状の曲面、屈曲面、多面構造とすることで、前述の第1の発明における構造部の隅部、角部における凸状部との組み合わせにより、さらに効果的な光反射制御、光取り出し効率向上、光密度
20 制御（特に発光部）が可能となり好ましい。

このような第2の発明の効果として、本発明に係る窒化物半導体発光素子は、傾斜した側面を持った積層部を有し、その積層部の側面のn型半導体層の表面にn電極を形成することによりn電極による光の吸収を抑制でき、光の出射効率を高くできる。特に、基板と積層部とが互いに屈折率が異なり、基板上に第1導電

型層の電極（n 電極）と、積層部の傾斜側面に設けられることで、発光積層部の光を傾斜面により、光学的に接続された基板に伝搬させ、また、電極が構造部側面と基板上に跨って形成されることで、素子に接触する電極面積を減少させることができる。

5 （第 3 の発明）

また、特開 2 0 0 1 - 3 1 3 4 2 2 号公報（第 6 頁右欄 8 行～第 7 頁左欄 4 2 行、図 8，図 9）に開示された方法は、個々の素子に分割した際に切断面（分割後の素子の側面）で p 側の層と n 側の層とが短絡しやすいという問題があったため、本発明の第 2 の課題（第 1 と 2 の発光素子）としては、側面における短絡を防止することができる窒化物半導体発光素子の構造及びその製造方法を提供することを目的とする。その他の従来例として、特開平 8 - 3 3 0 6 2 9 号公報（図 1 ～図 3）がある。

この目的（第 2 の課題）を達成するために、本発明に係る第 1 の窒化物半導体発光素子は、n 型窒化物半導体層と p 型窒化物半導体層の間に、窒化物半導体からなる発光層を有してなる窒化物半導体発光素子において、少なくとも上記 p 型窒化物半導体層と上記発光層を含むように台形錐形状の積層体が形成され、該積層体は側面が絶縁されるように金属部材に埋め込まれたことを特徴とする。この充填部材となる金属部材により、凸状の積層体をウエハ上、1 つの素子内に複数設けることにより、エピタキシャル層（成長層）の強度を補強し、また、充填部は、凸状積層体（発光構造部）間、若しくはその周囲に設けられる素子の凹部に埋め込まれることで、比較的素子動作部（発光部）に接近して充填部材が設けられることになり、各動作部（積層体）からの放熱を助け、素子の放熱性を高めて、高出力、大電流駆動に優れた発光素子が得られる。さらにこのような充填部材は、発光部近傍に設けられることで、反射膜、反射機能を有する構造物、若しくはその基礎、土台として機能させることもできる。

また、本発明（第 3 の発明）に係る第 2 の窒化物半導体発光素子は、n 型窒化物半導体層と p 型窒化物半導体層の間に、窒化物半導体からなる発光層を有してなる窒化物半導体発光素子において、少なくとも上記 p 型窒化物半導体層と上記発光層を含むように台形錐形状の積層体が形成されて、その積層体が該積層体の

表面に沿って対向するように設けられた金属部材により保持されたことを特徴とする。

5 以上のように構成された窒化物半導体発光素子において、上記積層体は側面が絶縁されるように金属部材に埋め込まれていて、切断時又は切断後に積層体の側面が損傷を受けることがないので、信頼性を向上させることができる。

また、本発明に係る窒化物半導体発光素子は、両側に電極を形成することができるので、一方の面に正負の電極を設けた従来の窒化物半導体発光素子に比較して発光領域を大きくとることができる。

10 本発明に係る第1と第2の窒化物半導体素子では、上記金属部材の上記積層体の反対側に位置する面が、平坦な面であることが好ましい。

このようにすると、素子を実装する際に、実装基板にその平坦な面を対向させて実装することにより容易に実装することが可能になる。

15 また、上記第1と第2の窒化物半導体素子では、上記n型窒化物半導体層の対向する2つの面のうちの上記積層体の反対側に位置する面に透明電極を形成するようにして、該透明電極を介して光を出射するようにしてもよい。また、透明電極は、素子の光、電磁波を透過して、注入電流を素子面内に拡散させる透過性電流拡散導体として機能するものであり、透明導電膜の他、光、電磁波を通過させる開口部、窓部を有する金属膜、例えば格子状、枝状、放射状の電極を適用することもできる。

20 このようにすると発光層全体に均一に電流を注入することができ、均一な発光が可能になる。この場合、上記透明電極は透光性が高くかつ抵抗値を低くできるITOであることが好ましい。その他に酸化物導電膜、酸化物半導体膜、透明導電膜なども適用できる。

25 また、本発明の第1と第2の窒化物半導体発光素子において、上記p型窒化物半導体層とオーミック接触するように上記積層体と上記金属部材の間に形成されるp型電極は、Rhを含むことが好ましく、これにより電極の剥離を防止できる。このように、p型窒化物半導体の電極として優れた材料、例えば貴金属、白金族元素、を用い、さらに反射性、密着性の点でRhが好ましい。

さらに、本発明の第1と第2の窒化物半導体発光素子において、上記積層体は

上記 n 型窒化物半導体層の一部を含んで構成されていてもよいし、上記 n 型窒化物半導体層の全てを含むように構成されていてもよい。

5 また、本発明の第 1 と第 2 の窒化物半導体発光素子において、より確実に発光領域の形状を保持するために、上記金属部材の厚さは $50 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。

また、本発明の第 1 と第 2 の窒化物半導体発光素子においては、上記積層体を複数個備えていてもよく、複数の積層体を用いて発光素子を構成することにより、大面積の発光素子を構成できる。

10 さらに、上記積層体を複数個備えた発光素子では、上記複数の積層体は、共通の n 型窒化物半導体層の上に設けられていてもよいし、各積層体ごとに分離されていてもよい。

15 このような第 3 の発明の効果として、本発明に係る窒化物半導体発光素子は、n 型窒化物半導体層と p 型窒化物半導体層の間に、窒化物半導体からなる発光層を有してなる窒化物半導体発光素子において、上記 p 型窒化物半導体層と上記発光層を含むように台形錐形状の積層体を形成し、該積層体を側面が絶縁されるように金属部材に埋め込んでいるので、切断時又は切断後に積層体の側面が損傷を受けることがない。したがって、本発明に係る窒化物半導体発光素子によれば、信頼性を向上させることができる。

(第 4 の発明)

20 本発明において、第 4 の発明としては、上記第 1 ～ 3 の発明における発光素子を用いた発光装置にかかるものであり、具体的な構成としては下記の通りである。

上記本発明の発光素子が載置される載置部を有する発光装置であって、前記載置部に、発光素子が支持基板上に実装されて、載置されていることを特徴とする発光装置である。

25 上記本発明の発光素子を用いた発光装置であって、発光装置には、発光素子から光の一部を、それとは異なる波長の光に変換する光変換部材を有することを特徴とする発光装置。

前記光変換部材が、Al を含み、かつ Y、Lu、Sc、La、Gd、Tb、Eu 及び Sm から選択された少なくとも一つの元素と、Ga 及び In から選択さ

れた一つの元素とを含むアルミニウム・ガーネット系蛍光体であって、さらに希土類元素から選択された少なくとも一つの元素を含有するアルミニウム・ガーネット系蛍光体を有することを特徴とする発光装置である。

前記光変換部材が、 $(\text{Re}_{1-x}\text{R}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)_5\text{O}_{12}$ ($0 < x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、但し、Reは、Y、Gd、La、Lu、Tb、Smからなる群より選択される少なくとも一種の元素であり、RはCe又はCeとPrである) であらわされる蛍光体を有することを特徴とする発光装置である。

前記光変換部材が、Nを含み、かつBe、Mg、Ca、Sr、Ba、及びZnから選択された少なくとも一つの元素と、C、Si、Ge、Sn、Ti、Zr、及びHfから選択された少なくとも一つの元素とを含み、希土類元素から選択された少なくとも一つの元素で付活された窒化物系蛍光体を有する発光装置である。

前記窒化物系蛍光体が、一般式 $\text{L}_x\text{Si}_y\text{N}_{(2/3x+4/3y)}:\text{Eu}$ 若しくは $\text{L}_x\text{Si}_y\text{O}_z\text{N}_{(2/3x+4/3y-2/3z)}:\text{Eu}$ (Lは、Sr若しくはCa、又は、Sr及びCa、のいずれか。) で表されることを特徴とする発光装置である。

また、第1の発明は下記第2、3の発明を包含して、それぞれに適用することができる。例えば、第2の発明は、基板上の同一面側に、正負一對の電極、例えば、第1導電型層(p型層)の電極(p側電極)と第2導電型層(n型層)の電極(n側電極)、を有する第1の発明の一形態であり、第3の発明は、正負一對の電極、例えば、第1導電型層(p型層)の電極(p側電極)と第2導電型層(n型層)の電極(n側電極)、が発光素子の構造体を挟んで対向して配置された電極構造を有する第1の発明の一形態である。また、第2、3の発明では、第1の発明における発光素子として、窒化物半導体を用いた発光素子について説明するが本発明(1、2、3)はこれに限定されない。また、第2、3の発明では、第1導電型層をn型窒化物半導体層、第2導電型層をp型窒化物半導体層として、具体的に説明するが、逆でも良く、また、各導電型層(第1、2導電型層)に設けられる電極についても同様である。また、図面においては、その図中、本明細書中の符号の下二桁は、各発明、各実施形態、各実施例、及びその図における各構成要素についてを示すものであり、符号の下二桁が同じ構成要素は、互いに相当な関係にあり、また下二桁が「00」の場合

合は上三桁若しくは下四桁移行の数字について上記下二桁と同様な関係にある。また、下二桁目は同様な構成の変形例を示す場合があり、具体的には、発光素子の積層構造10は、その10番台において具体的な層構成を示し、20番台は第1導電型層（n型層）の電極（n電極）の各例を示し、30番台は第2導電型層（p型層）の電極（p電極）の各例を示し、60番台は接続電極（配線電極）の各例を示す。さらに各図面は模式的な図として示すものもあり、一部を誇張して示すものもある。

図面の簡単な説明

- 10 図1は、本発明に係る実施の形態1の発光素子の平面図である。
図2は、図1のA-A'線についての断面図である。
図3は、本発明に係る実施の形態1の変形例の発光素子の平面図である。
図4は、図3のB-B'線についての断面図である。
図5は、本発明に係る実施の形態2の発光素子の平面図である。
- 15 図6は、本発明に係る実施の形態3の発光素子の平面図である。
図7は、図6のC-C'線についての断面図である。
図8は、実施の形態3の変形例に係る発光素子の断面図である。
図9は、本発明に係る実施の形態4の発光素子の平面図である。
図10は、実施の形態4の変形例に係る発光素子の平面図である。
- 20 図11は、本発明に係る実施の形態5の発光素子において、p側の電極を省いて示す平面図である。
図12は、本発明に係る実施の形態5の発光素子の平面図（p側の電極を含む）である。
図13は、図12のD-D'線についての断面図である。
- 25 図14は、実施の形態5の第1変形例に係る発光素子の平面図である。
図15は、実施の形態5の第2変形例に係る発光素子の平面図である。
図16Aは実施の形態5の第3変形例に係る発光素子の平面図であり、図16Bは図16AのG-G'線において発光素子を実装基体を実装した例を示す断面図である。

図 1 7 は、本発明に係る実施の形態 6 の発光素子の平面図である。

図 1 8 は、図 1 7 の一部を拡大して示す平面図である。

図 1 9 A は図 1 8 の E - E' 線についての断面図であり、図 1 9 B は図 1 8 の F - F' 線についての断面図である。

5 図 2 0 A ~ C は、本発明の窒化物半導体発光素子において、傾斜側面を有する積層部の形成方法の一例を示す工程図である。

図 2 1 は、従来例の発光素子の断面図である。

図 2 2 は、本発明の窒化物半導体発光素子において、傾斜側面の好ましい傾斜角について説明するための模式図である。

10 図 2 3 A ~ C は、本発明の窒化物半導体発光素子において、(p 側)電極 7 3 1 による光の吸収が積層部の形状とその配列により抑制できることを説明するための各図である。

図 2 4 は、実施の形態 5 の第 4 変形例に係る発光素子の平面図である。

15 図 2 5 は、本発明に係る実施の形態 6 において、取り出し効率の測定に用いた発光素子の平面図である。

図 2 6 は、本発明に係る実施の形態 6 の比較例 (その 1) として、取り出し効率の測定に用いた発光素子の平面図である。

図 2 7 は、本発明に係る実施の形態 6 の比較例 (その 2) として、取り出し効率の測定に用いた発光素子の平面図である。

20 図 2 8 は、本発明に係る実施の形態 6 の取り出し効率の測定において、基準として用いた発光素子の平面図である。

図 2 9 A ~ B は、本発明に係る実施の形態 6 において、比較例の基準として用いた発光素子の平面図である。

25 図 3 0 は、本発明に係る実施の形態 6 の取り出し効率の測定方法の概要を示す模式図である。

図 3 1 は、本発明に係る実施の形態 7 の発光素子の平面図である。

図 3 2 は、実施の形態 7 の発光素子の一部を拡大して示す平面図である。

図 3 3 A は本発明に係る実施の形態 8 の実装基体の実装された発光素子を説明する平面 (素子構造透視図) 図であり、図 3 3 B は図 3 3 A の H 方向からの

側面図である。

図 3 4 は、本発明に係る実施の形態 9 の窒化物半導体発光素子の断面図である。

図 3 5 は、本発明に係る実施の形態 9 の窒化物半導体発光素子の製造方法において、サファイア基板上に半導体層を形成した後の断面図である。

5 図 3 6 は、実施の形態 9 の製造方法において、サファイア基板上に半導体層をエッチングして積層体を形成した後の断面図である。

図 3 7 は、実施の形態 9 の製造方法において、各積層体の上に（p 側）電極を形成した後の断面図である。

10 図 3 8 は、実施の形態 9 の製造方法において、絶縁層 5 を形成した後の断面図である。

図 3 9 は、実施の形態 9 の製造方法において、反射層 6 を形成した後の断面図である。

図 4 0 は、実施の形態 9 の製造方法において、金属部材 7 を形成した後の断面図である。

15 図 4 1 は、実施の形態 9 の製造方法において、積層体 1 0 成長用基板 1 を剥離した後の断面図である。

図 4 2 は、実施の形態 9 の製造方法において、積層体 1 0 成長用基板 1 を剥離した後に n 型窒化物半導体層（第 2 導電型層）2 の上に透明電極を形成した後の断面図である。

20 図 4 3 は、実施の形態 9 の製造方法において、透明電極を形成した後に n パッド電極と絶縁膜 4 を形成した後の断面図である。

図 4 4 A～C は、実施の形態 9 の製造方法において、台形錐形状の積層体の形成方法を示す断面図である。

図 4 5 は、実施の形態 9 の変形例の窒化物半導体素子の断面図である。

25 図 4 6 は、実施の形態 9 の図 4 5 とは別の変形例の窒化物半導体素子の断面図である。

図 4 7 は、実施の形態 1 0 の窒化物半導体素子の断面図である。

図 4 8 は、実施の形態 1 0 の変形例 1 の窒化物半導体素子の断面図である。

図 4 9 は、実施の形態 1 0 の変形例 2 の窒化物半導体素子の断面図である。

図50は、実施の形態10の窒化物半導体素子の平面図である。

図51は、実施の形態10の変形例3の窒化物半導体素子の平面図である。

図52A～Bは、第1の発明における構造部10の形状例を説明する模式的斜視図である。

5 図53A, Cは第1の発明における構造部10の形状例を説明する模式的斜視図であり、図53Bは図53Aの一部（構造部側面10x, y）を拡大した模式的斜視図であり、図53Dは図53Aに第2電極（n電極）21を設けた状態における模式的上面図である。

10 図54Aは第4の発明（実施形態10）における発光装置を説明する模式的断面図であり、図54Bはその等価回路図である。

図55は、第4の発明（実施形態11）における発光装置を説明する模式断面図である。

図56は、第4の発明における発光装置を説明する模式断面図である。

15 図57A～Dは、本発明の発光素子における凹凸面600について説明する模式断面図である。

図58は、本発明の発光素子における素子構造を説明する模式断面図である。

図59A～Bは、本発明の発光素子における基板除去を説明する模式断面図である。

20 図60A～Eは、本発明の発光素子における素子構造と電極構造を説明する模式的斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

（第1の発明）

25 本発明における第1の発明は、発光素子構造の少なくとも一部、好ましくは素子動作部（電流注入部内）に設けられる凸状の構造部であり、また、素子積層構造の非動作部（非電流注入部）、若しくは、その他、発光素子に用いられる透光性部材にも適用できる。具体的には、図53A～Dに本発明の構造部10を模式的に説明する斜視図A, C、とその図Aの一部を拡大して示すものであり、上面図を示すものである。

一方、図52A～Bは、第1の発明について比較対照するための構造部10の例である。図52Aから判るように底面10gが四角形状の錐体状構造部において、図中の点線10x-1, 2のように角を面取りして多角形状とすると、図52Bに見られるように、底面側10gから上面側に向かって幅が狭くなるような側面形状となり、また、構造部の高さにおける高さ方向軸を法線とする切断面において、それを側面と切断面が成す構成辺において、各辺の長さの比は、どの高さにおいても同じような比率となる。このような、凸状構造部では、例えば発光層4が内部に設けられる場合に、真横での側面反射が大きく、その他は、弱い光の反射となり、さらに上面平面部では、十分な光の反射制御が成されないことから、上面の法線方向における光強度は弱くなり、また、発光層4付近からの反射が他の側面領域における反射より強くなり、円環状に強い発光が偏った光となってしまう。

さらに製造上の問題として、後述の第2の発明に示すように側面において電極を設ける場合には、図52Bの点線21mとして示すように、その形状精度が悪くなる傾向にある。これは、凸状部10上のマスクM1が形成される状態を図に示すように、上面側における面取り部の幅が小さいと、レジストなどのマスクの側面への回り込みが不十分となり、凸状部10の狭い面取り部の肩において、マスク材が横方向に出っ張る傾向にあり、特に上面10fの辺が短い場合に、突出傾向が顕著となり、電極形状21mが不安定な形状として形成される。このような電極形状不安定性は、十分な電極形成面積が確保できない第2の発明のような場合には、深刻な問題となる傾向にある。

また、図52Aに示すように、上面部10fにおいて電極形成され、電流注入されると、小さく狭まった領域、例えば、上面の角、短い構成辺周辺において、電流のムラが発生しやすい傾向にある。

本発明では、上記問題点を解決するものであり、具体的には図52Aに示すように、傾斜側面を備えた凸状部の構造部10において、その側面の幅が、上面側に近づくにつれて広くなる、若しくは角部丸めにおいて、その曲率半径が大きくなるような第1側面10xを備えるものであり、これにより、構造部高さにおける切断面の切断面形状が、高さによって、例えば辺の長さの比が大きく変化し、す

なわち、高さにより、側面の囲み状態が多様性に富む形状を有することになり、従って、上述したように、側面反射・出射領域における光の指向性のムラが改善され、さらに、電流注入においては、上面側の角部が十分大きな領域が形成されており、電流のムラ発生を改善でき、さらに、上面側の構成辺が大きく、若しくは、湾曲された曲面で構成されることで、レジストはみ出しが改善されて、素子加工、電極などのデバイス加工に優れた構造部とでき、信頼性、量産性に優れた発光素子となる。

第1の発明の形成方法としては、図20A～C、図44A～Cなどに説明されるように、マスクM1の膜厚変化、形状の異なるマスクの多層構造など、マスク形状・膜厚を適宜選択することで、本発明の構造体を得ることができる。

本発明における側面構成辺については、底面10g側において、幅広で上面10f側に向かって幅が狭くなる第2側面10yと、それとは逆の第1側面10xを備えることが好ましく、このとき、上面側の形状に依っては、例えば図53Cに見られるように、底面10g側における幅広側面10y（その構成辺10g-1）が形状変化して、両者の境界線である10x-1, 2が途中で消滅する場合もあり、必ずしも第2側面が上面側に到達する必要はない。そのため、上面10fと底面10gが図53Cの点線10f、gに示すように異なる平面形状となる場合もある。また、上面側に十分な曲面を設けることで、円形状となる場合にも本発明は適用される。また、上面10f、底面10gは、構造部に対して、任意の高さ領域に設定でき、好ましくは、素子の積層構造に対応した突出全体を本発明の構造部の構成とすることが好ましい。さらに好ましくは、上記上面側に向かってその幅が末広型の第1側面においては、構造部10の外側に向かって凸な曲面（凸面）を形成することが、上記光の反射、散乱作用、マスク形成精度に優れて好ましい。第1, 2側面10x, yの上面側、底面側の構成辺の長さの関係は特に限定されないが、図53Aに見るように、上面、底面とも第1側面による辺が第2側面のそれより小さくすることで、好適な凸部形状が得られる。

また、それにより形成される電極形状としては、図53Dの平面図においてハッチングを施して示すが（電極21）、その上面側周縁が、構造部の角部（第1側面）の曲率半径、若しくは辺の長さより、図中点線（21g-x）で示すよう

に、大きな形状で電極が形成され、例えば図 5 3 C など、これにより、囲み電極の折れ曲がり部において構造部 1 0（角部 1 0 f - x の下方）より大きな形状で折れ曲がることから、その場所における電流集中傾向を軽減できる。

本発明（第 1 及びそれを用いた第 2， 3 の発明）は、図 5 3 A ～ D に示すように、好ましくは、発光層 4 をその構造部 1 0 内部に備えることで、光の制御性に優れた素子とでき、さらに好ましくは、第 1 導電型層 2 の一部と第 2 の導電型層 3 とそれに挟まれた発光層 4 を備えることであり、さらに好ましくは、上面に第 2 電極（第 2 導電型層 3 の電極， p 型層の p 電極）を設けることである。また、構造部の側面形状は、断面形状が図 5 3 A ～ D に見られるような直線状のものだけでなく、湾曲したもの、図 5 8 に示すような階段状、テラス部 2 s を有するものとして、これら側面の突出部上面 2 s の表面とその下方側面に電極が延伸して形成することもできる。

（第 2 の発明）

以下、図面を参照しながら本発明（第 1 の発明）に係る実施の形態の窒化物半導体発光素子について説明する。

実施の形態 1（第 2 の発明）

本発明に係る実施の形態 1 の窒化物半導体発光素子は、図 1 及び図 2 に示すように、発光領域を構成する積層部 1 0 の側面を内側に傾斜した傾斜面 1 0 a とし、その傾斜面 1 0 a に露出した n 型コンタクト層 1 2 とオーミック接触するように n 電極 2 1 を形成することにより構成されている。

実施の形態 1 の窒化物半導体発光素子において、積層部 1 0 は、図 2 に示すように、サファイア基板 1 上に、バッファ層 1 1、n 型コンタクト層 1 2、n 型クラッド層 1 3、発光層 1 4、p 型クラッド層 1 5 及び p 型コンタクト層 1 6 を順次成長させて積層構造を形成し、図 1 に示す平面形状（略矩形形状において、1 つの隅部が円弧状に切り欠かれた形状）になるようにエッチングすることにより形成される。

積層部 1 0 を構成する各層は例えば次のようなもので形成する。

バッファ層 1 1：400℃～600℃の低温で成長された GaN 又は AlGaIn 層、

n型コンタクト層12: SiドープのGaN (例えば、厚さ6 μm)、

n型クラッド層13: n型AlGaN、

発光層14: ノンドープのInGaN井戸層を含む (例えば、厚さ約30 Å)
単一又は多重量子井戸構造、

5 p型クラッド層15: p型AlGaN、

p型コンタクト層16: MgがドープされたGaN (例えば、厚さ約1200 Å)。

また、本実施の形態1において、積層部10を形成するためのエッチングは、
サファイヤの表面が露出するまで行い、積層部10が円弧状に切り欠かれた1つ
10 の隅部にn電極21を形成するためにサファイヤ基板表面を露出させる。尚、本
実施の形態1では、n電極21を形成するために露出されたサファイヤ基板の表
面と連続して積層部10の周りを取り囲むようにサファイヤ基板の表面が露出さ
れる。

本実施の形態1において、n電極21は、図1及び図2に示すように、積層部
15 10の1つの隅部に露出させたサファイヤ基板1の表面から積層部10の傾斜面
10aに亙って連続して形成し、傾斜面10aに露出したn型コンタクト層12
とオーミック接触する。

また、p側の電極は全面電極31とpパッド電極32とからなり、全面電極3
1は積層部10の最上層に位置するp型コンタクト層16の表面のほぼ全面に形
20 成され、pパッド電極32は全面電極31上のn側電極21と対角をなす位置
(他方の隅部)に形成される。

以上のように構成された実施の形態1の窒化物半導体発光素子は、n電極21
による光の吸収を極めて少なくできるので、効率良く光を出力できる。

すなわち、図21に示す従来の構造では、基板1とn電極521の間に存在す
25 るn型コンタクト層512に発光領域で発光した光が漏れ出して導波し、基板1
の上面とn電極121の裏面により繰り返して反射される間に (図21において、
Y100の符号を付して模式的に示す)、大部分の光がn電極121によって吸
収されて結局外部に取り出すことができないという問題があった。しかしながら、
本発明では、傾斜側面10aに露出されたn型コンタクト層12の表面でn電極

をオーミック接触させることにより、n型コンタクト層12において光が導波する部分を無くし（図2において、Y1の符号を付して模式的に示す）、従来の問題点を解決している。

5 また、発光した光を基板側から出射させる場合に、積層部10の傾斜側面10aで反射した光も基板を介して出力することができ、出射効率を向上させることができる。

10 また、発光した光を基板側から出射させる場合に、傾斜側面10aで効果的に反射させるためには、傾斜側面10aには通常SiO₂保護膜が形成されていることを考慮すると、傾斜側面10aの傾斜角αを60度以下に設定することが好ましく、45度以下に設定することがより好ましい。

この傾斜角αは本明細書では、図22に示すように定義し、その好ましい範囲は、臨界角θ_cが $\sin \theta_c = n_s / n_g$ （ n_g ：活性層の屈折率、 n_s ：SiO₂保護膜の屈折率）で与えられることから、求めることができる。

15 例えば、波長380nmの光を発光する素子の場合、波長380nmの光に対するAl_xGa_{1-x}Nの屈折率は、xの値が1～0の範囲であるとする2.15～2.80である。この時、臨界角θ_cが最も小さくなるのは、屈折率が2.80の場合であり、この時の臨界角θ_cは約30°である。

20 従って、臨界角θ_cを30°以上、すなわち、傾斜角αを60°以下に設定すると、少なくとも半導体層に平行に伝播される最も強い光は全反射されることになる。

25 以上のように傾斜角αを60°以下に設定すると半導体層と平行に伝播される最も強い光は全反射されて取り出し効率を向上させることができる。しかしながら、層内を伝播される光には半導体層に平行でない光もあり、それらも効果的に全反射させるためには、傾斜角αを45度以下に設定することがさらに好ましい。

また、傾斜側面10aにn電極を形成することを考慮した場合における、傾斜側面10aの傾斜長Lの上から見た投影長Wは、10μm以上であることが好ましい。

以上の説明では、1つの隅部において、n電極21とn型コンタクト層12と

がオーミック接触するように形成した例について説明したが、本実施の形態 1 では、図 3 及び図 4 に示すように、n 電極 2 2 は積層部 1 0 を囲むように形成することが好ましい。このようにすると、発光領域全体に均一に電流を注入することができ、効率良く発光させることができる。

5 実施の形態 2（第 2 の発明）。

本発明に係る実施の形態 2 の窒化物半導体発光素子は、図 5 に示すように、発光領域を構成する積層部 1 1 0 の形状を円形にしたものである。本実施の形態 2 の窒化物半導体発光素子において、n 電極 2 3 が積層部 1 1 0 の内側に傾斜した側面である傾斜面 1 1 0 a に露出した n 型コンタクト層 1 2 とオーミック接触する
10 ように形成されている点は、実施の形態 1 と同様である。

また、実施の形態 2 の窒化物半導体発光素子において、積層部 1 1 0 の積層構造（半導体層の構成）は実施の形態 1 の発光素子と同様であり、積層部 1 1 0 を形成するためのエッチングは、サファイヤの表面が露出するまで行う。

実施の形態 2 において、p 側の電極は全面電極 3 3 と p パッド電極 3 4 とから
15 なり、全面電極 3 3 は積層部 1 1 0 の最上層に位置する p 型コンタクト層 1 6 の円形表面のほぼ全面に形成され、p パッド電極 3 4 は全面電極 3 3 中央部に形成される。

ここで、全面電極 3 3、p パッド電極 3 4 及び円形の積層部 1 1 0 は中心が一致するように同心円状に形成される。

20 以上のように構成された実施の形態 2 の窒化物半導体発光素子は、実施の形態 1 の発光素子と同様の作用効果を有する。

すなわち、n 電極 2 3 による光の吸収を極めて少なくでき、効率良く光を出力できるとともに、積層部 1 1 0 の傾斜側面 1 1 0 a で反射した光も基板を介して出力することができ、出射効率を向上させることができる。

25 さらに、本実施の形態 2 では、図 5 から明らかなように、n 電極 2 3 は積層部 1 1 0 を囲むように形成しているので、発光領域全体に均一に電流を注入することができ、効率良く発光させることができる。

実施の形態 3（第 2 の発明）。

本発明に係る実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子は、図 6、図 7 に示すよう

に、発光領域を構成する積層部 1 1 0 の形状を円形にしたものであるが、本実施の形態 2 の窒化物半導体発光素子とは、以下の点が異なる。

すなわち、実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子では、p 型コンタクト層の表面に透光性を有する透光性オーミック電極 3 3 a を形成し、その上に p パッド電極 3 4 を形成している。

また、実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子では、図 7 に示すように、傾斜側面 1 1 0 a で n 型コンタクト層とオーミック接触する n 電極 2 4 を基板 1 の側面及び裏面に連続して形成している。

この実施の形態 3 において、透光性オーミック電極 3 3 a と n 電極 2 4 以外は、実施の形態 2 と同様に構成される。

以上のように構成された実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子は、積層部 1 1 0 で発光した光を透光性オーミック電極 3 3 a を介して出力することができ、以下のような効果を有する。

すなわち、n 電極 2 4 による光の吸収を極めて少なくでき、効率良く光を出力でき、基板の側面及び裏面に形成された n 電極 2 4 により光を反射して透光性オーミック電極 3 3 a を介して出力できるので、出射効率を向上させることができる。

また、本実施の形態 3 では、図 6 から明らかなように、n 電極 2 4 を積層部 1 1 0 を囲むように形成しているので、発光領域全体に均一に電流を注入することができ、効率良く発光させることができる。

以上の実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子では、n 電極 2 4 により基板全体が覆われるように構成したが、本発明はこれに限られるものではなく、図 8 に示すように、n 電極 2 5 と基板 1 を覆う電極 2 6 とを別の金属で構成してもよい。

以上のように構成しても実施の形態 3 と同様の作用効果が得られ、さらに以下のような効果がある。

すなわち、n 電極 2 5 は n 型コンタクト層と良好なオーミック接触が得られる金属から選択して構成し、基板 1 を覆う電極 2 6 には、その機能に応じて適切な金属材料を選択して構成することができる。

具体的には、基板 1 の裏面をはんだ付けにより実装する場合には、電極 2 6 の

材料としてはんだ耐熱性の優れた材料を選択したり、光の反射を重視する場合には反射率の高い金属を選択して用いることができる。

実施の形態 4（第 2 の発明）。

5 本発明に係る実施の形態 4 の窒化物半導体発光素子は、図 9 に示すように、発光領域を構成する積層部 1 1 1 の形状を矩形にしたものである。

すなわち、実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子では、p 型コンタクト層の表面に全面電極 3 5 を形成し、その上に p パッド電極 3 6 を形成している。

10 また、図 9 に示すように、矩形の積層部 1 1 1 の傾斜側面 1 1 1 a で n 型コンタクト層とオーミック接触する n 電極 2 7 を基板の表面と n 型コンタクト層（傾斜側面 1 1 1 a に露出したもの）とに互って形成している。

尚、実施の形態 4 において、積層部の積層構造は実施の形態 1 ～ 3 と同様に構成される。

以上のように構成された実施の形態 4 の窒化物半導体発光素子は、実施の形態 1 ～ 3 と同様の作用効果を有する。

15 また、図 9 の窒化物半導体発光素子では、n 電極 2 7 は積層部 1 1 1 の一辺で n コンタクト層に接触するように形成したが、本実施の形態 4 では、図 1 0 に示すように、積層部 1 1 1 の外周全体で n コンタクト層とオーミック接触するように n 電極 2 8 を形成することもでき、これにより、発光領域全体に均一に電流を注入することができ、効率良く発光させることができる。

20 実施の形態 5（第 2 の発明）。

実施の形態 5 の窒化物半導体発光素子は、図 1 1、図 1 2 に示すように、複数（図 1 1、1 2 では 1 8 個）の積層部 2 1 0 を備えた発光面積の大きい発光素子であって、素子全体の面積に占める発光領域の面積を大きくでき、発光領域全体を均一に発光させることができるという特徴を有する。

25 図 1 1 は主として n 電極 2 2 1 の形態を示すために、p 側ボンディング電極 2 5 1 及び p 側接続電極 2 6 1 を省いて示す平面図であり、図 1 2 は p 側ボンディング電極 2 5 1 及び p 側接続電極 2 6 1 を省略せずに示す平面図である。また、図 1 3 は、図 1 2 の D-D' 線についての断面図である。

このように、発光領域を複数の部分に分割して形成するのは、大面積の発光領

域を分割することなく1つの大きな領域として形成した場合に生じる、電極から離れた部分で電流が低下して発光効率が悪くなるという問題を解決するためである。しかしながら、発光領域を複数の部分に分割して形成した場合には、各発光領域間を接続する電極面積が大きくなり、いかにして発光領域の面積を確保するかが課題となる。また、図21に示す構造の従来の素子を複数個並べた場合には、n型コンタクト層を光が導波して反射を繰り返すうちにn電極により吸収される光により発光効率が低下する。しかしながら、本実施の形態5の窒化物半導体発光素子では、第1に各積層部の傾斜した側面にn型コンタクト層とオーミック接触するn電極を形成することにより、n電極が必要とする面積を小さくして発光領域の面積を確保し、かつn電極による光の吸収を防止している。

また、本実施の形態5の窒化物半導体発光素子では、p側の全面電極による吸収も従来例に比較して抑えることができる。

すなわち、大面積の発光領域を分割することなく1つの大きな領域として形成した従来例では、図23Bに示すように、臨界角以上でp側の全面電極に入射された光は、p側の全面電極731と、基板1と半導体層との間の境界の間で反射を繰り返すうちに、かなりの部分がp側の全面電極により吸収される。

また、発光領域を複数の部分に分割して形成した場合であっても、分割された発光領域が傾斜した側面を有していない場合には、図23Cに示すように、臨界角以上でp側の全面電極731に入射された光が基板に略垂直な側面から出射されて隣接する発光領域に再入射される確率が高くなる。そのためにp側の全面電極により吸収される率が高くなる。

これに対して、本実施の形態5の窒化物半導体発光素子は、各発光領域が傾斜側面を有しているので、基板側から発光させる場合には、図23BにおいてA2の符号を付して示す光のように、また、電極側から発光させる場合には、図23BにおいてA3の符号を付して示す光のように、隣接する発光領域に再入射されることなく（隣接する発光領域に再入射される確率を低くできる）、外部に出射される。これにより、p側の全面電極31で吸収される率を低くできる。

また、実施の形態5の窒化物半導体発光素子では、発光領域を構成する積層部210の形状を六角形とし、その複数の積層部210は積層部間の面積が最も小

さくなるように配列される（図 1 1, 1 2）。本実施の形態 5 において、隣接する積層部 2 1 0 間は基板の表面までエッチングされており（図 1 3）、複数の積層部 2 1 0 はそれぞれ完全に分離されている。尚、隣接する積層部 2 1 0 間の間隔は、例えば、1 0 μ m に設定される。

5 また、実施の形態 5 において、各積層部 2 1 0 の側面は、実施の形態 1 等と同様に全て傾斜面 2 1 0 a であり、その傾斜面 2 1 0 a に露出された n 型コンタクト層にオーミック接触するように n 電極 2 2 1 が形成される。

 実施の形態 5 において、n 電極 2 2 1 は図 1 1 に示すように全ての積層部 2 1 0 を取り囲むように一体として形成される。

10 実施の形態 5 において、各積層部 2 1 0 の p 型コンタクト層のほぼ全面に全面電極 2 3 1 が形成され、その中央部に p パッド電極 2 3 2 が形成される。そして、p パッド電極 2 3 2 上に開口部を有する絶縁膜 2 7 1 が素子全体を覆うように形成され、その絶縁膜 2 7 1 上に p パッド電極 2 3 2 を互いに接続する接続電極 2 6 1（一端が p 側ボンディング部に接続）が形成される。尚、絶縁膜 2 7 1 は n 電極 2 2 1 のうちボンディング部 2 4 1 を開口させる開口部も有している。

15 以上のように構成された実施の形態 5 の窒化物半導体発光素子は、発光領域である積層部 2 1 0 の形状を六角形とし、その積層部 2 1 0 間の面積が最も小さくなるように配列し、かつ各積層部 2 1 0 の傾斜した傾斜側面に n 電極を形成することにより、発光領域の面積が大きくなるように構成している。

20 これにより、発光領域を効果的に発光させることができる適切な大きさの複数の部分に分割し、かつ n 電極を形成するために必要となる面積を抑制することが可能となる。従って、発光領域の面積を低下させることなく、かつ各発光領域を効率よく発光させることができ、高い輝度を有する大面積の発光素子を構成できる。

25 実施の形態 5 の窒化物半導体発光素子は、基板側から光を出射するようにしても良いし、全面電極 2 3 1 を透明電極とすることにより半導体側から光を出射するようにしても良い。いずれの場合についても、発光層で発光した光は基板側と p 型半導体側の両方に伝播されるので、出射側とは反対側に反射膜を形成することが好ましく、これにより出射効率を向上させることができる。

図14は、本実施の形態5の窒化物半導体発光素子において、接続電極261間を更に接続する第2接続電極262を形成したものである。この第2接続電極262はp側ボンディング部251から離れた位置にある積層部210における電流注入量が低下するのを防止するために形成するものであり、各積層部の発光強度を均一化するものである。

しかしながら、半導体層側から光を出射させる場合には、この第2接続電極262が光を遮ることになるので、本構成は基板側から光を出射する場合に特に適している。

図15は、半導体層側から光を出射させる場合に適した接続電極の例を示すものである。本例では、p側ボンディング部251に接続された第1接続電極263を積層部210の間のn電極上に絶縁膜を介してn電極と導通しないようにして形成する。この第1接続電極263は積層部上には形成されないで、積層部で発光した光を遮ることはない。そして、各積層部210のpパッド電極と第1接続電極263の間は第2接続電極264により接続される。ここで、1つのpパッド電極232と第1接続電極263の間は、1つの第2接続電極264で接続されている。

図16A～Bは、基板側から光を出射する場合の電極構造のより好ましい例を示したものである。

すなわち、図16Aの窒化物半導体発光素子では、実施の形態5（図12）の接続電極261（p側ボンディング部を含む）に替えて、絶縁膜271の上から複数の積層部を全て覆う電極層265を形成している。

このようにすると、各積層部の上面、特に傾斜側面からの光の漏れを防止でき（各積層部の上面及び傾斜側面で反射させることができ）、基板側から効率良く光を出射できる。また、図16Bに示すように、そのような接続電極265を実装面側、実装基体10300側に設けることで、基板側で、正負電極が立体交差することがなく、複数の構造部210（10）を同時に発光させることができ、その構造部周辺に、保護膜、反射膜、透過膜、光変換部材などを配置して、空間の有効利用がはかれて、さらに配線の立体交差によるリークの問題も解決されて、信頼性に優れる発光素子が得られる。

以上の実施の形態5の窒化物半導体発光素子では、各積層部210を六角形に形成した例により示したが、四角形又は円形等の他の形状であってもよい。

図24は、積層部410を四角形にした具体例を示す平面図である。本例では、p側ボンディング部451を2つの隅部に形成された積層部410上にそれぞれ設け、そのp側ボンディング部451に接続された接続電極461により、積層部410のpパッド電極間が接続される。尚、接続電極461は、積層部410の間のn電極上に絶縁膜を介してn電極と導通しないようにして形成される。

また、n電極421は、全ての積層部410を取り囲むように一体として形成し、各積層部410の傾斜面410aに露出されたn型コンタクト層とオーミック接触するように形成され、その一部にnパッド電極441が形成される。

また、図24の変形例として、図33A～Bに示すように、実装基体（保護素子）10300上に、電極形成面側を実装面側として、フリップチップボンディングした形状とすることもできる。ここで図33Aでは、本来実装面側で基板に隠れる部分も実線で示している。この図では、上述した第1の発明における構造部の第1、2側面が形成されており、具体的には、構造部底面の角部の丸みの曲率半径が、上面側（p型層表面よりも）の角部の曲率半径よりも小さくなっており、また、n電極の形成外形もその形成部における構造部の角部曲率より大きな角部曲線が形成されている。また、複数ある構造部710（10）の内、710xは、図33Bに見るように、n電極721（21）が上部まで被覆されて、ボンディング11400aにおいて、ボンディング面を提供している構造となっている。これにより、他の構造部のp電極と高さをそろえて、実装基板などに実装できる。また、この構造部710xは、素子として動作しない非動作部の構造物となる。

実施の形態6（第2の発明）。

図17は実施の形態6の窒化物半導体発光素子の全体構成を示す平面図であり、図18は1つの積層部310を拡大して示す平面図である。また、図19Aは図18のE-E'線についての断面図であり、図19Bは図18のF-F'線についての断面図である。

実施の形態6の窒化物半導体発光素子において、積層部310はそれぞれ円形

形状に形成され、その中心が縦横とも1つの直線上に位置するように基板上に配列される。また、各積層部310の積層構造は他の実施の形態と同様であり、その外周側面は内側に傾いた傾斜面（外周傾斜面310a）とされ、その断面形状は、図19A～Bに示すように、上面を上底とする台形である。

5 各積層部310において、nオーミック電極321aは外周傾斜面310aに露出されたn側コンタクト層とオーミック接触するように外周傾斜面310aの全周に形成される。また、積層部310の間の基板上にはそれぞれn接続パッド321bが形成され、各積層部310に形成されたnオーミック電極321aは隣接する4つのn接続パッド321bと接続される。

10 すなわち、実施の形態6の窒化物半導体発光素子において、n電極321はnオーミック電極321aとn接続パッド321bとからなる。

また、各積層部310の上面（pコンタクト層の上面）のほぼ全面に、全面電極331が形成され、その全面電極331の中央部に円形のpパッド電極332が形成される。

15 以上のように、nオーミック電極321a、n接続パッド電極321b、全面電極331及びpパッド電極332を形成した後、接続パッド電極321bとその周辺及びpパッド電極332の上面を除いて素子全体を覆う絶縁膜371を形成して、各積層部310のpパッド電極332を互いに接続するp側接続電極361を形成する。尚、p側接続電極361は、pパッド電極332上に接続されたパッド接続部361bとそのパッド接続部361b間を接続する接続部361とからなる。

以上のように構成された実施の形態6の窒化物半導体発光素子は、実施の形態1と同様、電極による吸収を防止でき、発光した光の取り出し効率を高くできる。

25 実施の形態6の窒化物半導体発光素子における光の取り出し効率を確認するために以下の比較検討を行った。

まず、本実施の形態6の窒化物半導体発光素子として、図25の平面図に示す積層部310を9個（3×3個）形成した素子を作製し、積層部310が1つの場合の発光素子（図28の平面図に示す）と取り出し効率の比較を行った。

取り出し効率の測定は、図30に示すように、マイナス側端子と一体で構成さ

れたカップ内に発光素子をダイボンディングし、nパッド電極とマイナス側端子T2とをボンディングワイヤーW21で接続し、pパッド電極とプラス側端子T1とをボンディングワイヤーW32で接続して、発光光量に対する外部に取り出される光量を測定した。

- 5 その結果、9個の積層部310を形成した実施の形態6の素子（図25）の取り出し効率は、積層部310が1つの場合の発光素子（図28）の取り出し効率を100とした場合、86%であった。

これに対して、比較例として作製した図26に示す発光素子（9個の積層部を形成した素子）の取り出し効率は、図29Aに示す1つの積層部を備えた発光素子の取り出し効率を100とした場合、71%であった。

10 尚、積層部310が1つの場合の発光素子（図28）の取り出し効率と、図29Aに示す1つの積層部を備えた発光素子の取り出し効率とはほぼ等しいものであった。

ここで、比較例の発光素子において、各積層部は実施の形態6と同様の積層構造を有し、その平面形状は略矩形に形成されている。また、n電極521は、各積層部の1つの隅部において、n型コンタクト層の表面を露出させ、その露出させた表面に形成されている。さらに、pオーミック電極531はp型コンタクト層のほぼ全面に形成され、pオーミック電極531上のn電極521と対角をなす位置にpパッド電極532が形成されている。尚、図26に示す素子では、隣接する積層部の間はサファイア基板が露出されるまでエッチングされて、隣接する積層部の間は完全に分離されている。また、各積層部の側面は、サファイア基板の上面に対してほぼ垂直に形成されている。

20 以上のように、複数の積層部を備えた実施の形態6の窒化物半導体発光素子は、同じく集合状態の比較例の窒化物半導体発光素子に比較して、取り出し効率を高くできることが確認された。

25 また、図27は異なる比較例として作製した素子であって、図26に示す比較例の発光素子において、隣接する積層部間においてサファイア基板が露出するまでエッチングせずに、n型コンタクト層を残すようにしたものである。この図27の比較例の素子の取り出し効率は、図29Bに示す1つの積層部を備えた発光

素子の取り出し効率を100とした場合、68%であった。

尚、図29Aの素子の取り出し効率と、図29Bの素子の取り出し効率とはほぼ等しいものであった。

5 以上のように、複数の積層部を備えた比較例の発光素子は、いずれも実施の形態6の発光素子より取り出し効率が悪いものであった。

また、実施の形態6の窒化物半導体発光素子は、実施の形態5の発光素子と同様の作用効果を有し、さらに以下のような特徴を有する。

すなわち、ウエハ上に各積層部を形成した後に、要求に応じて必要な個数の積層部310を含む任意の大きさの素子に分割することができるので、同一のパターンにより任意の大きさの素子を作製することが可能となる。

10 尚、この場合、いずれかの位置にあるn接続パッド電極321bとパッド接続部361bとをボンディング電極として用いることができる。

15 以上の各実施の形態の窒化物半導体発光素子は、上述したように、基板側から光を出力するようにも構成できるし、また、半導体側から光を出力するようにも構成できる。いずれの場合についても、光を出射する方向の反対側の面には、反射層を形成することが好ましい。図7、図8及び図16A～Bに示す構造の場合にはそれぞれ、n電極24、電極26又は電極265を反射層として機能させることができることは上述した通りであるが、他の構成の場合には、反射層を別途設けることが好ましい。この反射層は、反射率の高い金属を用いて構成することもできるし、誘電体多層膜を用いて構成することもできる。誘電体多層膜を用いる場合には、例えば、図13の絶縁層271を誘電体多層膜により構成することにより、絶縁機能に加え、反射機能を持たせるようにしても良い。

実施の形態7（第2の発明）。

25 図31は実施の形態7の窒化物半導体発光素子の全体構成を示す平面図である。実施の形態7の窒化物半導体発光素子において、積層部310はそれぞれ円形状に形成され、その中心が単位格子が六角形の格子点に位置するように基板上に配置される。また、各積層部610の積層構造は他の実施の形態と同様であり、その外周側面は内側に傾いた傾斜面とされている。

各積層部610において、nオーミック電極621aは外周傾斜面に露出され

たn側コンタクト層とオーミック接触するように外周傾斜面の全周に形成される。また、6つの積層部610に囲まれた各六角形格子の中心には、それぞれn接続パッド621bが形成され、各積層部610に形成されたnオーミック電極621aは隣接する3つのn接続パッド621bと接続される。

5 すなわち、実施の形態7の窒化物半導体発光素子において、n電極はnオーミック電極621aとn接続パッド621bとからなる。

また、各積層部610の上面(pコンタクト層の上面)のほぼ全面に、全面電極が形成され、その全面電極の中央部に円形のpパッド電極632が形成され、各積層部610のpパッド電極632はp側接続電極361により互いに接続さ
10 れる。

尚、nオーミック電極621a、n接続パッド電極621b等のn側の電極と、全面電極631、pパッド電極632、p側接続電極361等のp側の電極とは実施の形態6と同様にして絶縁される。

15 以上のように構成された実施の形態7の窒化物半導体発光素子では、1つのn接続パッド電極621bに対して2つの積層部が設けられており、1つのn接続パッド電極に対して1つの積層部が設けられた実施の形態6に比較して、発光素子全体としての発光領域の面積を大きくできる。

また、この実施の形態7のように積層部を配置した場合、外形形状が、三角形、六角形、ひし形、平行四辺形等になるように分割することができ、そのように分割する際、Ga₂N結晶の結晶軸の方向とスクライブラインの方向を一致させるこ
20 とができるので、分割時の歩留まりを向上させることができる。

次に、上記各実施の形態の窒化物半導体発光素子において、傾斜側面を有する積層部の形成方法の一例を示す。

25 本方法では、まず、サファイア基板1の上に、バッファ層11、n型コンタクト層12、n型クラッド層13、発光層14、p型クラッド層15及びp型コンタクト層16を順次成長させて積層構造を形成し、その上に、図20Aに示すように、断面が台形形状のマスクM1を形成する。

次に、反応性イオンエッチングにより、マスクM1の上から積層体をエッチングする。この時、積層体をエッチングすると同時にマスクそのものもエッチング

により少しずつ除去する。図20Bにおいて、破線と実線の間のR1の符号を付した部分が除去された部分である。

このエッチングを積層部10の周りの基板表面が露出されるまで続ける（図20C）。

5 このようにすると、マスクM1の形状に対応した形状の、傾斜側面10aを有する積層部10が形成される。

本方法では、マスク材料と窒化物半導体材料のRIEによるエッチング率を考慮して、マスクM1形状を設定することにより、所望の傾斜側面を有する積層部が形成できる。

10 例えば、マスクM1の側面を外側に膨らんだ形状とすることにより、積層部の傾斜側面を外側に膨らんだ凸曲面とすることができる。

このように、傾斜側面を外側に膨らんだ凸曲面とすることにより、基板側から光を出力する場合に集光して光を出射できる。

15 以上の各実施の形態では、最も好ましい例として、積層部の周りを基板までエッチングした例を用いて説明したが、本発明においては積層部の周りに光が伝送されないようにすることが重要であり、光の伝送を抑制できる程度の厚さにn型半導体層が残っていても良い。

（第3の発明）

以下、図面を参照しながら本発明に係る実施の形態について説明する。

20 実施の形態8（第3の発明）。

本発明に係る実施の形態1の窒化物半導体発光素子は、図34に示すように、発光領域を構成する窒化物半導体層の一部が金属部材7に埋め込まれるように設けられ、その金属部材7によって、発光素子全体の形状が保持されている。

25 本実施の形態8の窒化物半導体発光素子においては、n型窒化物半導体層2とp型窒化物半導体層3の間に発光層4を設けることによりダブルヘテロ構造の発光領域が構成されており、そのp型窒化物半導体層と発光層とn型窒化物半導体層の一部は台形錐形状（裁頭錐体形状）に加工されている。すなわち、本発明は、少なくともp型窒化物半導体層と発光層が含まれるように台形錐形状の積層体が形成される。また、積層体10において、p型窒化物半導体層3上のほぼ全面に

はp型オーミック電極36が形成され、p型オーミック電極36の周辺部と積層体10の傾斜した側面10a及びその側面10aに連続したn型窒化物半導体層2を覆うように絶縁層72(5)が形成されている。

そして、以上のように構成された積層体10が金属部材7に埋め込まれるようにして保持されている。尚、積層体10の側面は、絶縁層72を介して金属部材7に埋め込まれ、積層体10のp型オーミック電極36が形成された面はp型オーミック電極36を介して金属部材7に対向している。また、n型窒化物半導体層2の対向する2つの面のうちの積層体10の反対側に位置する面には透明電極21が形成され、その透明電極21の一部にはnパッド電極29が形成されている。

以上のように構成された実施の形態8の窒化物半導体発光素子において、積層体10の発光層4で発光された光は、金属部材7の反対側から透明電極21を介して出射される。

次に、本実施の形態8の窒化物半導体発光素子の製造方法について説明する。

本製造方法ではまず、図35に示すように、サファイア基板1の上に例えばバッファ層(図示せず)を介してn型窒化物半導体層2、発光層4及びp型窒化物半導体層3をその順番に成長させる。

次に、素子間において、n型窒化物半導体層が露出するまでエッチングすることにより、台形錐形状の積層体10を形成する(図36)。

この台形錐形状の積層体10は、例えば、マスクを所定の台形錐形状に形成しておいて、そのマスクを用いてエッチングすることによりそのマスクの形状に対応した台形錐形状に加工できる。

具体的には、まず、図44Aに示すように、p型窒化物半導体層3上に、断面が台形形状のマスクM1を形成する。このマスクM1は反応性イオンエッチングにより一定のレートでエッチング可能な材料を用いて形成する。

次に、反応性イオンエッチングにより、マスクM1の上からサファイア基板1上に形成された半導体層(p型窒化物半導体層3、発光層4及びn型窒化物半導体層2)エッチングする。このエッチング工程においては、半導体層とともにマスクM1そのものもエッチングにより少しずつ除去される。尚、図44Bにおい

て、破線と実線の間のR 1の符号を付した部分が除去された部分である。

このエッチングを積層部10の周りにn型窒化物半導体層2の表面が露出されるまで続ける(図44C)。

5 このようにすると、マスクM1の形状に対応した台形錐形状の積層部10が形成される。

本方法では、マスク材料と窒化物半導体材料のRIEによるエッチング率を考慮して、マスクM1形状を設定することにより、所望の台形錐形状の積層部10を形成できる。

10 上述の方法により積層体10を加工するエッチング手段としては、反応性イオンエッチングの他、反応性イオンビームエッチング、イオンミリング等のドライエッチングを用いることができる。

15 また、台形錐形状の積層部10の加工は、例えばウェットエッチングなどの等方性エッチング手段を用いて、アンダーカッティング(サイドエッチング)現象を利用するようにしてもよい。このアンダーカッティングを利用すると、台形錐形状の加工を簡単にできるが、加工精度は上述したドライエッチングを使用した方法に比較して劣る。

20 また、積層体10の傾斜した側面10aの傾斜角(サファイア基板1の主面との為す角度)は、n型窒化物半導体層を介して出力される光の取り出し効率を高くするために、30度~80度の範囲に設定されることが好ましくより好ましくは45度に設定する。

また、本発明において、裁頭錐体は、円錐台形錐体、角錐(四角錐、六角錐他)台形錐体等、種々の台形錐体が適用できる。

25 以上のようにして、台形錐形状の積層部10を形成した後、積層部10の上底面(p型窒化物半導体層3の表面)のほぼ全面にp型オーミック電極36を形成する。

ここで、本明細書において、上底面とは、台形錐形状における互いに平行に対向する2つの面のうちの小さい方の面のことを言い、積層体2の底面という場合は、対向する2つの面のうちの大きい方の面のことを言う。

p型オーミック電極36は、Ni/Au、Ni/Pt、Pd/Ptからなる電

極を用いることもできるが、本発明では、Rh/Au、Rh/Pt等のように、Rh層をp型窒化物半導体層3に接する層として形成した電極を用いることが好ましい。このように、Rhをp型窒化物半導体層3に接する第1層として形成すると、金属部材7を形成した後に、p型オーミック電極36がp型窒化物半導体層3から剥離するのを防止できる。

尚、(／)で表記した組み合わせは、(／)の前に記載した金属をp型窒化物半導体層3に接する第1層として形成し、その第1層の上に形成した第2層を(／)の後ろに記載した金属で形成したことを意味している。

各積層体10のp型窒化物半導体層上にp型オーミック電極36を形成した後、図38に示すように、各p型オーミック電極36の中央部（周辺部を除いた部分をいう。）を除いて基板上全体を覆うように、絶縁膜72（5）を形成する。

この絶縁膜72、73、5は、例えば、SiO₂、TiO₂、Al₂O₃、Si₃N₄、ZrO₂等の無機絶縁膜を用いて好適に形成することができるが、有機絶縁膜を用いて形成してもよい。

その後、必要に応じて複数の積層部10の間を接続する配線電極65を形成する（図39）。

次に、反射層65（6）を形成する。この反射層6はAg、Pt、Rh、Al等の光反射性の高い材料を用いて形成される。尚、複数の積層部により1つの発光素子を構成する場合には、この反射層6が配線用の電極を兼ねるようにしても良い。特に、台形錐形状の積層体の側面が傾斜しており、これに対向するように反射層が設けられているので、光の利用効率が飛躍的に向上する。

尚、本発明では、絶縁膜5（72、73）が反射層を兼ねるようにしてもよい。

反射層として用いることができる絶縁膜5の具体的な材料としては、SiO₂、TiO₂、Al₂O₃、Ta₂O₅、ZrO₂、Nb₂O₅、Y₂O₃が挙げられ、より好ましくは、これらの材料のなかから、2つの屈折率の異なる材料を組み合わせで交互に形成することにより多層構造の反射層を兼ねた絶縁膜5を形成する。例えば、TiO₂/SiO₂、を組み合わせで10～20層積層することにより、多層構造の反射層を形成する。

次に、例えば、メッキ等により金属部材7を全面に形成する（図40）。本発

明において、この金属部材 7 は、後の工程でサファイア基板 1 を除去した後に発光素子の形状を保持することを第一義的な目的とするものであり、そのために厚く（好ましくは、 $50\mu\text{m}$ 以上、より好ましくは、 $100\sim 200\mu\text{m}$ の範囲）形成する必要がある。

5 本発明において、金属部材 7 は、第 1 にこの目的を果たすことができればよく、そのためには、例えば、Ti、Ag、Al、Ni、Pt、Au、Rh、Cu、W 等の種々の金属を用いることができる。

10 また、本実施の形態 8 において、金属部材 7 は、反射膜 6 との密着性のよいことが要求される。また、反射膜 6 が形成されていない場合は、金属部材 7 は、絶縁膜 5（73）と p 型オーミック電極 36、とりわけ絶縁膜 5（73）との密着性が良いことが要求される。その場合、上述した材料により構成される絶縁膜 5（73）との密着性の良い材料として、Ti、W、Al、Ni が挙げられる。

15 また、金属部材 7 そのものを反射率の高い材料で形成することにより、反射層 6 を省略するようにしてもよい。そのような金属材料として、Ag、Al、Pt、Rh が挙げられる。

20 また、本発明では、発光素子の形状を保持するという第一義的な機能のほか、光反射機能等を果たすために、金属部材 7 は、それぞれの機能を有する複数の層を積層した多層構造としてもよい。例えば、下地層として、発光した光に対する反射率が高くかつ絶縁膜 5、p 型オーミック電極 36 などとの密着性が良い第 1 金属膜を形成し、その上に厚く形成することが可能な第 2 金属膜を形成するようにして、金属部材 7 を構成することができる。

 また、本発明では、金属部材 7 は、比較的厚く形成する必要があるので、成膜速度の速い無電解メッキ、や電気メッキを用いて形成することが好ましい。

25 具体的には、Ni、Cu、Al、Au 等の電気メッキ、Ni、Cu 等の無電解メッキを用いることができる。

 特に、無電解 Ni メッキは、Au、Cu、Ag に比較して強度が高いためにウエハの反りを小さくできかつ電気接点が不都合な点で好ましく、さらに Ni はメッキ層の均一性、析出速度、ハンダ濡れ性、バンプ強度、耐食性の点においても優れた材料である。

次に、図41に示すように、基板1の側からレーザを照射することによりサファイア基板1を除去する。この段階では、比較的厚い金属部材7が形成されているので、基板1を除去する方法としては、レーザ照射の他、研磨やエッチング等の種々の方法を用いることができる。

5 そして、基板1が除去されて露出したn型窒化物半導体層2の表面に透明電極であるn型電極21(8)を形成する(図42)。このn型電極21(8)はW/A1、V/A1、W/Pt/Au、ZnO、ITO、Mo等により形成することができる。光の取り出し効率を高くするためには、ZnOやITOを用いることが好ましく、安価で入手しやすい材料であるという点で、ITOを用いることがさらに好ましい。

10 このITOを用いて透明電極21(8)を形成する場合、抵抗値を下げるため、熱処理を施すことが好ましく、その好ましい熱処理温度は、100℃～500℃であり、より好ましい熱処理温度は、200℃～400℃である。

15 次に、各積層体10に対応してそれぞれnパッド電極29を形成し、そのnパッド電極29の周辺部と透明電極21(8)とを覆う絶縁膜72(5)を形成する。

 そして、ウエハを積層部の間で分割することにより個々の発光素子とする。

20 ここで、本発明では、個々の素子に分割する際の分割位置は、少なくとも積層体10の傾斜側面10aから離れた位置とし、その傾斜側面10aと分割後の素子の側面とが離れるようにする。

 以上のように構成された本発明に係る実施の形態8の窒化物半導体発光素子は、素子に分割する際の分割位置が積層体10の傾斜側面10aから離れているので、積層体10の傾斜側面10aのPN接合面が損傷を受けない。

25 また、素子に分割する際の分割位置が積層体10の傾斜側面10aから離れているので、金属部材7を切断する際の切断屑によるPN接合面の短絡を防止できる。

 また、本発明に係る実施の形態8の窒化物半導体発光素子では、積層体10の両側に電極を形成しているので、同一面側に電極を形成した素子のように一方の電極を形成するために発光層の一部を除去する必要はない。これにより、発光層

の面積を小さくすることなく発光領域を確保できるので、発光効率を向上させることができる。

また、本発明に係る実施の形態 8 の窒化物半導体発光素子では、積層体 10 の両側に電極を形成しているので、容易に発光層全体に電流を均一に流すことができ、発光層全体を均一にかつ効率よく発光させることができる。

特に、複数の積層部により 1 つの発光素子を構成するようにした場合には、比較的広い面積において、発光面内における均一性に優れた発光素子を提供できる。

また、本実施の形態 8 の窒化物半導体発光素子においては、n 型窒化物半導体層のほぼ全面に透明電極 21 (8) を形成しているので、発光層全体に均一に電流を他注入することができ、発光層全体を均一に発光させることができる。

しかしながら、本発明はこれに限られるものではなく、透明電極 21 (8) に代えて n 型窒化物半導体層のほぼ全面に網目状 (格子状) の n 型電極を形成し、その格子の間から光を出力するようにしても良いし、n 型窒化物半導体層の一部に n 型電極を形成するようにしてもよい。

n 型窒化物半導体は p 型窒化物半導体に比較して抵抗値を小さくできることから n 型窒化物半導体層内を電流が拡散しやすく、格子状の n 型電極を用いた場合であっても、格子 (電極が形成されていない部分の面積) を大きくでき、電極により光をあまり遮ることなく出射できる。また、n 型窒化物半導体層の一部に n 型電極を形成するようにした場合であっても、比較的広範囲の発光層に電流を注入することが可能である。

変形例 (第 3 の発明 : 第 8 の実施形態変形例) .

以上の実施の形態 8 では、n 型窒化物半導体層 2 を厚さ方向に途中までエッチングすることにより、上記積層体を上記 n 型窒化物半導体層の少なくとも一部を含むように構成した。しかしながら、本発明はこれに限られるものではなく、図 45 に示すように、p 型窒化物半導体層 3 と発光層 4 のみをエッチングするようにして積層部 810-1 を形成するようにしても良いし、図 46 に示すように、p 型窒化物半導体層 3 と発光層 4 をエッチングした後さらに連続して n 型窒化物半導体層 2 をサファイア基板が露出するまでエッチングすることにより、p 型窒化物半導体層 3、発光層 4 及び n 型窒化物半導体層 2 により積層部 810-2 を

形成するようにしてもよい。

実施の形態 9（第 3 の発明）。

本発明に係る実施の形態 9 の窒化物半導体発光素子は、図 4 7 に示すように、
1 つ例に 4 つの積層体 8 1 0 - 3 を配列した発光素子である。

5 すなわち、本実施の形態 9 の窒化物半導体発光素子は、図 5 0 に示すように、
縦横 4 つずつ、合計 1 6 個の四角錐台形状の積層体 8 1 0 - 3（p 型窒化物半導
体層と発光層により構成）を n 型窒化物半導体層 2 の一方の面に配列して比較的
大面積の発光素子を構成している。

また、本実施の形態 9 の窒化物半導体発光素子において、n 型窒化物半導体層
10 2 の他方の面の全面には、全ての積層体 8 1 0 に共通の透明電極 2 1（8）が n
型オーミック電極として形成され、その中央部に 1 つの n パッド電極 2 3 が形成
されている。

また、本実施の形態 9 の窒化物半導体発光素子は、1 6 個の積層体 8 1 0 で 1
つの発光素子を構成するように、かつ分割位置が少なくとも積層体 1 0（8 1
15 0）の傾斜側面 1 0 a から離れた位置となるように積層部の間において分割され
ている。

以上のように構成された実施の形態 9 の窒化物半導体発光素子は、素子に分割
する際の分割位置が積層体 1 0 の傾斜側面 1 0 a から離れているので、積層体 1
0 の傾斜側面 1 0 a の P N 接合面が損傷を受けることがなく、かつ金属部材 7 を
20 切断する際の切断屑による P N 接合面の短絡も防止できる。

また、本発明に係る実施の形態 9 の窒化物半導体発光素子では、実施の形態 8
の窒化物半導体発光素子と同様の理由で、発光効率を向上させることができ、発
光層全体を均一にかつ効率よく発光させることができる。

25 以上の実施の形態 9 の窒化物半導体発光素子では、n 型窒化物半導体層 2 を含
まずに、p 型窒化物半導体層 3 と発光層 4 とが積層された積層体 8 1 0 を用いて
発光素子を構成した。しかしながら、本発明はこれに限られるものではなく、図
4 8 に示すように、n 型窒化物半導体層 2 と p 型窒化物半導体層 3 と発光層 4 と
が積層された積層体 8 1 0 - 4 を用いて構成してもよい。

以上の実施の形態 9 の窒化物半導体発光素子では、1 つの発光素子内では積層

体ごとに分離することなく、発光素子間においてn型窒化物半導体層2が分離されるようにウェハ上に形成した後、n型窒化物半導体層2が分離された部分で素子ごとに分割するようにしてもよい(図49)。

また、実施の形態9の窒化物半導体発光素子は、四角錐台形状の積層体810を用いて構成したが、本発明はこれに限られるものではなく、円錐台形状の積層体810-4を用いて構成するようにしてもよい(図51)。

(本発明におけるその他の構成)

(本発明の発光素子1000)

以上説明した各実施形態において、その実施形態(発光素子1000)の各構成について以下に詳しく、説明するが、本発明は上記実施形態及びその構成について組み合わせて適用することもできる。

(素子構造体10100)

本発明の発光素子1000に用いられる素子構造体10100は、図59A~Bの断面図などに示すように、基板1上に、第1導電型層2、活性層(発光層4)、第2導電型層3が順に積層された積層構造体10100でもよく、第1,2導電型層2,3が横方向に接合されていてもよく、これらを組み合わせたもの、例えば断面が折れ線(連続直線)状、山形、谷形などの様々な面が複合された接合面、でもよい。

具体的には、本発明の発光素子1000は、素子構造体10100として、図59A~Bに示すように、素子構造体10100は、基板1上に、第1導電型層2、発光層(活性層)3、第2導電型層3が順に積層された積層構造10100を有するものであり、このとき、電極形成面内において、発光構造部5110は、図に示すように積層方向に第1,2導電型層が発光層を挟む構造の他、上述したとおり、第1,2導電型層が横方向に接合されていてもよく、またこれらを組み合わせた縦、横の複雑な複合接合面を形成したものでもよい。また、発光素子構造として、MIS構造、p-n接合構造、ホモ接合構造、ヘテロ接合構造(ダブルヘテロ構造)、PIN構造などを用いることができ、またユニポーラ素子にも適用できるが、好ましくは、第1,2導電型層が互いに異なる導電型層となるp-n接合構造などのn型、p型層で活性層を挟む構造を用いることが好ましい。

素子構造体 10000 を構成する積層構造の半導体材料は、InAlGaP 系材料、InP 系材料、AlGaAs 系材料、これらの混晶材料でもよく、GaN 系窒化物半導体材料でもよい。GaN 系窒化物半導体材料として具体的には、GaN、AlN、もしくは InN、又はこれらの混晶である III-V 族窒化物半導体 ($\text{In}_\alpha\text{Al}_\beta\text{Ga}_{1-\alpha-\beta}\text{N}$, $0 \leq \alpha$, $0 \leq \beta$, $\alpha + \beta \leq 1$) で表され、またこれに加えて、III 族元素として一部若しくは全部に B を用いたり、V 族元素として N の一部を P、As、Sb で置換したりした混晶でもよい。以下、窒化物半導体を用いて説明するが、他の材料系にも適用される。

発光層としては、InGaN 系材料を用いることができ、ワイドバンドギャップの発光層により、緑色、青色の可視光域から紫色、それより短波長の紫外域に発光するものが得られる。

各実施形態では、第 1, 2 導電型層 2, 3 を、n 型層、p 型層としているが、この逆でも良い。また、半導体積層構造 10100 の成長方法として具体的には MOVPE (有機金属気相成長法)、HVPE (ハライド気相成長法)、MBE (分子線エピタキシー法)、MOCVD (有機金属化学気相成長法) があり、好ましくは MOCVD, MBE である。

本発明の半導体積層構造 10100 の成長方法に用いる基板、特にエピタキシャル成長用の基板 1 としては、窒化物半導体と異なる材料の異種基板として、例えば、C 面、R 面、及び A 面のいずれかを主面とするサファイア、スピネル (MgAl_2O_4) のような絶縁性基板、SiC (6H、4H、3C を含む)、ZnS、ZnO、GaAs、Si、及び窒化物半導体と格子整合する酸化物基板等、窒化物半導体を成長させることが可能で従来から知られており、窒化物半導体と異なる基板材料を用いることができ、好ましくはサファイア、スピネルであり、また異種基板以外として、GaN、AlN などの窒化物半導体基板なども用いることができる。他の半導体材料においては従来知られた同じ材料系の基板、若しくは Si などの異種基板を用いることができる。

(半導体積層構造 10100)

発光素子 10000 を形成する半導体積層構造 10100 としては、例えば図 57A~D、図 39、図 59A~B に示すように、上記基板 1 上に下地層 500 な

どを介して成長され、このとき、下地層 500 を素子構造 10100 として動作部に含めても良いが、通常素子構造の成長用のみ形成されて素子として機能しない非動作部として設けられる。下地層は、特に異種基板を用いた場合、結晶核形成、核成長層として、低温成長バッファ層を用い、好適な条件は $Al_xGa_{1-x}N$

5 ($0 \leq x \leq 1$) を低温 ($200 \sim 900^\circ C$) で成長させるものであり、続いて高温で層成長させて、膜厚 $50 \text{ \AA} \sim 0.1 \mu m$ 程度 (単結晶、高温成長層) で形成する。また、ELO (Epitaxial Lateral Overgrowth) として知られるように、基板上、若しくは下地層上に、島状部 (凸部、マスク開口部) などの成長部を他の領域に比べて優先的、若しくは選択的に成長させて、各選択成長部が横方向に成長して接合、会合することで層を形成するような成長層を下地層 500 若しくは、
10 素子積層構造 10100 に用いることもでき、これにより結晶性、特に結晶欠陥を低減させた素子構造とできる。

窒化物半導体に用いるドーパントとして、n 型不純物としては、Si、Ge、Sn、S、O、Ti、Zr 等の IV 族、若しくは VI 族元素を用いることができ、
15 好ましくは Si、Ge、Sn を、さらに最も好ましくは Si を用いる。また、p 型不純物としては、特に限定されないが、Be、Zn、Mn、Cr、Mg、Ca などが挙げられ、好ましくは Mg が用いられる。これら、アクセプター、ドナーの各ドーパントを添加することにより、各導電型の窒化物半導体層を形成し、後述する各導電型層を構成する。また、窒化物半導体は不純物をドーピングしない無添加層であっても n 型層として用いることができ、さらに AlGaAs などの他の材料系にはそれに適したドーパント用いる。本発明における第 1 導電型層、第 2 導電型層には、部分的にアンドープの層、半絶縁性の層が積層されていても良く、電流阻止層のよう逆導電型の埋込層に、各導電型層内に部分的に寄生な素子部分を形成していても良い。

25 (第 1 導電型層 2)

上記実施形態の素子構造で示すように、第 1 導電型層 2 として、各導電型のドーパントを含有させ、電極形成面内及び活性層へのキャリアの供給、拡散を実現するような層構造を形成すると良く、特に電極形成部 5200 から発光構造部 5110 にキャリアを面内に拡散して供給する電流拡散導体 8 (コンタクト層) に

は、他の領域より高濃度にドーピングされることが好ましい。また、このような電荷供給・面内拡散層（コンタクト層及びその近傍層）の他に、上記実施形態で示すように、積層方向において発光層へ電荷を移動・供給させる介在層、若しくは第2導電型のキャリアを発光層に閉じこめるクラッド層などを、コンタクト層とは別に設けることが好ましい。このような発光層4と面内拡散層（領域）のコンタクト層との間に設ける層として、窒化物半導体素子の場合には、面内拡散層（領域）より低濃度ドーパント量若しくはアンドープの低不純物濃度層（アンドープ層）、及び／又は多層膜層を設けることが好ましい。これは、低不純物層でもって、高不純物層（面内拡散層）による結晶性悪化を回復させてその上に成長させるクラッド層、発光層の結晶性を良好にし、駆動時にあつては高濃度層に隣接して低濃度層が設けられることで面内拡散を促進させ、また、耐圧性も向上させることができる。多層膜層は、少なくとも2種の層を交互に積層させたような周期構造で形成すること、具体的には、 In を含む窒化物半導体層とそれとは異なる組成の層の周期構造、好ましくは $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ （ $0 \leq x < y < 1$ ）で構成することで、発光層、特に In を含む窒化物半導体層、好ましくはそれを井戸層として複数用いた場合において、その結晶性を向上させることができる。このような多層膜としては、組成が異なる層による周期構造の他、組成傾斜構造、また、これらの構造において不純物濃度を変調させた構造、膜厚を変動させた構造なども採用でき、好ましくは、20 nm以下の膜厚の層を積層した構造、さらに好ましくは10 nm以下の膜厚の層を積層した構造で形成することが、上記結晶性に有利となる。

（発光層〔活性層〕3）

本発明の素子構造10100としては、第1，2導電型層との間に、発光層を設けて、発光層で発光させる素子構造とすることが好ましく、特に窒化物半導体においては In を含む窒化物半導体を発光層に用いたものが、紫外域から可視光（赤色光）の領域において好適な発光効率が得られ好ましく、特に InGaN 層を用いること、特に In の混晶比を変化させて所望の発光波長を得ることが好ましい。このほかの窒化物半導体材料として、 GaN ， AlGaN などの InGa

Nよりも高バンドギャップの材料を用いて、紫外域において使用する発光素子としても良い。

さらに好ましい発光層としては、量子井戸構造の活性層を用いることであり、井戸層が1つの単一量子井戸構造、さらに好ましくは、複数の井戸層が障壁層を介して積層した構造の多重量子井戸構造を採用することが好ましい。井戸層については上記発光層と同様に、好ましくはInGa_xN_{1-x}層を用いることであり、障壁層として、井戸層よりバンドギャップエネルギーが大きくなるような層として、例えばInGa_xN、Ga₂N、AlGa_xN_{1-x}を設けることが好ましい。このとき、井戸層、障壁層の膜厚としては、30nm以下、好ましくは20nm以下、さらに井戸層において好ましくは10nm以下とすることで、量子効率に優れた発光層が得られる。また、井戸層、障壁層に、各導電型層のドーパントがドーピングされていても良く、障壁層は、井戸層間に一層以上設けても良い。

(第2導電型層3)

第2導電型層3としては、キャリアを発光層に閉じこめるクラッド層、電極が形成されるコンタクト層を、設けることが好ましく、この時両層を別々に設けてコンタクト層をクラッド層よりも発光層より遠くに設け、高濃度にドーパントをドーピングすることが好ましい。窒化物半導体においては、クラッド層として好ましくはAlを含む窒化物半導体、さらに好ましくはAlGa_xN_{1-x}層を用いることが好ましく、さらに発光層に近接して、好ましくは接して形成されることで発光層の効率を高めることができ好ましい。さらに、コンタクト層とクラッド層との間にそれらの層より低不純物濃度の層を介在させることで、耐圧性に優れた素子とでき、またコンタクト層を高濃度にドーピングしても結晶性を改善できるため好ましい。コンタクト層は、図58に示すように、電極形成面内で発光部5110として設けられるため、その面内でキャリアを拡散させる層としても機能するが、本発明では、電極2000を設けて、該面内の一部に延伸する上部電極2200と、それよりも面積の大きな、断面幅広な層状の下部電極2100により面内での電流拡散導層、拡散導体として機能させることで、窒化物半導体における低い移動度のp型キャリアの拡散を補助し、また、コンタクト層の膜厚を他の層(クラッド層、介在低濃度層)よりも小さくして、且つ他の層よりも高濃度に不純物ドーピング

することで、高キャリア濃度の層を形成して、電極から良好な電荷注入を実現でき好ましい。

(電流拡散導体 8, 9)

このように本発明の積層構造 1 0 0 0 1 0 0 において、電流拡散導体 8 は、素子構造体内 (第 1 導電型層内 8) に設けられても、素子構造体上 (の電極 2 1 0 0) に設けられる形態でもよい。具体的には、図 5 8 などに示すように、第 1 導電型層 2 においては、露出電極形成面 5 2 0 0 に第 1 の電極 1 0 0 0 が設けられ、該第 1 電極 1 0 0 0 が設けられた第 1 導電型層 2 内を横方向に電流拡散する拡散導体 8 として機能し、他方、第 2 導電型層 3 側には、接続電極 (配線電極、配線部) に電気的に接合するオーミック接触用の電極 2 1 0 0 でもって、面内において、一部に設けられた配線電極から、電流を面内に広く拡散させる拡散導体として機能する。第 2 導電型層 3 内に拡散層を設けても良く、第 1 導電型層上に、外部 (電極) の拡散導体を設けても良い。

(発光素子面内構造)

本発明の発光素子には、素子構造部 5 7 0 0 に発光構造部 5 1 1 0 と電極形成部 5 2 0 0 が設けられた構造であり、素子構造部 5 7 0 0 は電流拡散導体 8 (第 1 導電型層 2) 上に形成され、1つの素子構造部 5 7 0 0 内で1つの発光構造部 5 1 1 0 (図 1 ~ 1 0, 3 4, 4 5, 4 6) とする形態でも良く、1つの素子構造部 5 7 0 0 内で複数の発光構造部 5 1 1 0 が形成されるような発光構造部 5 1 1 0 の集積構造を形成しても良く、1つの素子構造 5 7 0 0 に対して少なくとも1対の発光構造部 5 1 1 0 と電極形成部 5 2 0 0 が形成されれば良く、さらに、素子構造部 5 7 0 0 を複数集積して集積型の発光素子 1 0 0 0 0 とすることもできる。

各電極の配線形態としては、各電極は素子構造体内に電流供給できるように、オーミック接触されたオーミック接触部を有することが好ましく、該オーミック接触部に一致して電極 (配線電極、台座部) が形成されていることが好ましい。他の形態としては、離間して配置されたオーミック接触部に対して、それらを導通するように、配線用として電極が設けられてもよい。また、このような配線用電極は、後述する素子実装基体側に設けられてもよい。

このように素子構造体の電極形成位置は、各導電型層に設けられた電極形成面

の上に設けられ、上記素子構造体の形状・形態に依存するため、図に示すような第2導電型層、発光層を一部除去して露出させた第1導電型層を電極形成面として、基板上において、発光層の上方、下方にそれぞれ第2電極、第1電極の形成面が設けられる形態がある。その他に同一面側に両方の電極を形成すれば、他の

5 (第1電極1000)

また、第1電極1000は、第1導電型層2の露出部2sの少なくとも一部に電極形成領域5200として形成され、第2の発明では発光構造部5110と面内で分離されて設けられ、オーミック接触用として第1導電型層2内に電流注入

10 する。第1導電型層2の露出部2sは、図に示すように、発光構造部5110を囲むように素子構造部10100の端部に設けられていても良く、図58などに示すように基板1を素子端部で露出（露出部4s）させて、第1導電型層2の側面6110aを傾斜させて、光反射部、取出し部として機能させることができ、この場合、発光構造部5110の側面5110aよりも、傾斜側面における電極

15 形成面、基板面の法線方向に対する角度を、大きくすることで、第1導電型層2内を横方向に伝搬する光を効率的に取出すことができ好ましい。また、露出部2sは、素子動作部57内において、発光構造部5110に対して、第1電極1000から露出させて設けること（5110a）で、光取り出し溝として機能させることもでき、またそのような電極1000から露出された領域において凸部、

20 例えば、電流注入されない非発光構造部（電極形成部5200など、又は素子非動作部5800）として凸部を設けると、反射機能、光取り出し端部に寄与する。

第1電極1000は発光構造部5110に電流拡散、注入する機能を有する。上記第1導電型層2内の面内拡散層（8、9）、第2導電型層3内及び第2電極2000（下部電極層2100）の面内拡散、具体的にはシート抵抗を適宜調整することで、第1電極、第2電極間隔を調整して、所望の拡散状態、発光構造部5

25 110の幅の発光素子とできる。

第1電極1000は、パッド部1100、接続電極部1200とも同じ電極構造としても良く、別々に、例えば、オーミック接触用の電極として電極1000の形

状で形成して、パッド部 1 1 0 0 にのみパッド電極を形成する構造として、形成しても良い。

(第 2 電極 2 0 0 0)

下部電極 2 1 0 0 は、上述したように、発光構造部 5 1 1 0 内で第 2 導電型層 3 の露出部 2 s のほぼ全面に形成されることで、発光構造部 5 1 1 0 において面内に電流拡散させる拡散層として機能させることができる。第 2 導電型層 3 内に電流拡散層を設ける場合には、面内に拡散させる電極 2 1 0 0 が不要となるが、素子構造として困難な場合が多いため、素子構造内の電流拡散層と電極拡散層の両方を用いることもできる。窒化物半導体においては p 型層における面内拡散が不十分となる場合が多いため、外部と接続させるパッド部 2 2 0 0 p と、そこから延伸させて発光構造部 5 1 1 0 に電流を拡散させる第 2 電極 2 0 0 0 の上部電極 2 2 0 0、配線電極 2 2 0 0 a (2 2 0 0 b) と、第 2 電極 2 0 0 0 を面内に拡散するように配線電極 2 2 0 0 a (2 2 0 0 b) それよりも広い電極形成面を有する下部電極 2 1 0 0 を設けることが良い。

下部電極 2 1 0 0 は、上述したように透光性電極として設けることが好ましく、図 1 6 B、図 3 3 B、図 5 4 A、図 5 5 に示すように、基板 1 側を光り取り出し面とする場合には、透光性電極の上に、又は透光性の絶縁膜などを介して反射膜を設けたり、透光性電極層の上に反射性電極層を設けた電極構造としたり、反射性電極とすることができる。光取り出し面を基板 1 側、第 2 導電型層 3 とする場合のいずれでも、好ましくは第 2 電極 2 0 0 0 の下部電極層 2 1 0 0 に開口部を設けて透光性電極とすること、若しくは下部電極層 2 1 0 0 の形成部 2 1 0 0 a も透光性電極であることが好ましい。

第 1, 2 電極 1 0 0 0, 2 0 0 0 の電極材料、特に p 型窒化物半導体層用の下部電極 2 1 0 0 の材料としては、ニッケル (N i)、白金 (P t) パラジウム (P d)、ロジウム (R h)、ルテニウム (R u)、オスミウム (O s)、イリジウム (I r)、チタン (T i)、ジルコニウム (Z r)、ハフニウム (H f)、バナジウム (V)、ニオブ (N b)、タンタル (T a)、コバルト (C o)、鉄 (F e)、マンガン (M n)、モリブデン (M o)、クロム (C r)、タングステン (W)、ランタン (L a)、銅 (C u)、銀 (A g)、イットリウム (Y)

よりなる群から選択された少なくとも一種を含む金属、合金、積層構造、さらには、それらの化合物、例えば、導電性の酸化物、窒化物などがあり、導電性の金属酸化物（酸化物半導体）も、錫をドーピングした厚さ $50\text{ \AA} \sim 10\text{ }\mu\text{m}$ の酸化インジウム（Indium Tin Oxide; ITO）、 ZnO 、 In_2O_3 、または SnO_2 が挙げられ、透光性に有利なことから好適に用いられる。酸化物半導体材料の場合には、各導電型層2, 3とその電極1000、2000との中間的な機能を有する形態となり、導電型層2, 3と金属酸化物の導電性を同じとしてもよく、異なる導電型の酸化物半導体層を電極とする場合には、素子構造10100との間に何らかの介在層（逆導電型層、酸化物半導体、金属層）を更に介して使用してもよく、また拡散導体2100（9）として機能することからも、第1導電型層2側の拡散導体8として、このような半導体層、電極材料を用いても良い。下部電極2100が、金属層の場合には、透光性が確保される薄膜で形成することができ、また、本発明の開口部2100bを有する下部電極層2100の場合には、下部電極2100の反射性の大きい金属、例えばAl, Ag, Rh、を用いることができる。

ここで、図60A～Eは第2電極2000とその下部電極2100、上部電極2200（配線部2200a）の実施形態を説明するものであり、上述したとおり、パッド部2200pを列状2200a（点線部）に配列して接続電極部2200aとしてもよく（図58）、素子構造部10100の開口部600に対応させた電極開口部2100bと、電極形成部2100aとで下部電極2100を形成しても良く（図60B）、図60Dに示すように、下部電極2100を一部開口2100bさせて、開口部2100b（第2導電型層3表面）と電極2100の表面上に跨る電極2200 α として、配線部2200a（台座部2200p）を形成することもでき、酸化物などの化合物電極の場合には、第2電極の接着性を向上させることができる。また、このような開口部2100bを充填する第2電極2200 α の形態としては、図60Eに示すように、第2導電型層3に凹部600を設けて開口させて、下部電極開口部2100bと共に、第2電極2000を開口部2100bと電極2100上に跨って形成する電極2200 α （上部電極台座部2200p-1, -2）とすることもできる。

また、第2電極の電極2100は、発光構造部5110に設けられるため、光
取出し、反射が有効となるように、透光性、反射性を好適に機能するには、透光
性（光透過率）の大きい電極（形成部2100a）とするか（光吸収の小さい電
極材料）若しくはその透過率（吸収率）を調整して、及び／又は透過性を決める
5 開口部2100bの面積比（開口部面積の総和／電極形成〔5300〕面積）、開
口率、分布状態を調整して、とすることがいずれの光取出し方向においても有用
である。

また、図60Aに示すように電極形成部2sの光取り出し面を凹凸部600と
する方法、図60C、Eに示すように、電極2300開口部2000bに対応して、
10 第2導電型層3にも凹部600aを設けて、凸部上面600c（電極材料界面）と
凹部底面600a（保護膜、絶縁膜材料界面）とでもって、異なる材料間の界面
で凹凸部600が形成されて、好適な光取出し、反射に寄与し、また、側面600
bの傾斜角を大きくすることにより、側面での反射が強まり、光取出し効率が向
上する。このような凹凸部600は、素子構造10100の端面、側面、露出面、
15 界面（層間、基板面、金属形成面、絶縁膜などの膜形成面）のいずれに形成して
も良く、例えば図57に示すように図中矢印に伝搬する光を散乱、方向制御して
取出し効率を高める目的で、基板1に凹凸加工600を施して、その上に素子構
造10100を積層させることで、基板1と素子構造の半導体との間で凹凸界面
を形成させること、除去部700により基板1を除去して露出した下地層500
20 （第1導電型層2）の除去面に凹凸界面600を形成することもできる。このよ
うな凹凸面600を形成することが、本発明の発光素子において、光取出しが向
上し、出力が向上し、好ましい。

ここで、凹凸部600の形状、前記周期構造の下部電極2100の開口部2100
b（形成部2000a）の形状としては、面内で、ドット状、格子状、ハニカム
25 状、枝状、矩形状、多角形状、円形状など様々な形状の凸部（上面）若しくは開
口部2000b及び、又は凹部（底面）若しくは形成部2100aとすることがで
き、その大きさとしては、少なくとも光に対して反射、散乱、取出しするように、
 $\lambda / (4n)$ {nは凹凸部の界面を構成する材料の屈折率、 λ は発光層の発光波
長}以上の大きさとするものであり、具体的には開口部、凸部、凹部の間隔、1

辺の長さ（矩形状、多角形状）、直径（ドット状、円形状）を、 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ とすることであり、好ましくは $2 \sim 5 \mu\text{m}$ の大きさとするものである。断面の形状としては特に限定されないが、ほぼ垂直な凹部側面としても、傾斜面（メサ状、逆メサ状）となっても良い。また、本発明において反射膜は、反射機能を持たせる素子の端面、露出面、基板との界面に形成して、所望（例えば基板1側）の光取出しを実現させるものである。具体的には、凹凸部600と同様に、素子の露出面である第1, 2導電型層露出面1s (5200)、2s (5300)、電極開口部2000bの他、各半導体層（第1, 2導電型層、発光構造部5110）の側面5110aなど、さらに基板面に設けることができ、側面などでは傾斜面として所望の方向への反射光を得ることができ、さらに上述したように、他の金属層（例えば電極）に反射性を持たせることもでき、さらに上記凹凸部600の各面600a～cにも用いることができる。また、反射膜の材料としては、金属膜、酸化物膜（絶縁膜）、多層膜反射膜（DBR）などを用いることができ、可視光、特に発光層が $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) であるような場合にはAl, Agが高反射膜材料として機能し、その他、形成位置、形成部分（素子の端部）の材料、発光波長などにより、それに適した材料が選択される。

ここで、第1電極1000と第2電極2000、若しくは、第1電極1000と、第2電極2000及び上部電極2200（台座部2200p、接続電極）とを同一構造、材料の電極として、同時に形成することもできる。具体的には、露出部2s側から順に、Ti/Au、Ti/Alなどのように、第1導電型層とのオーミック用と密着用としてのTi層（第1層）とパッド用のパッド層（第2層）として金、Al、白金族の構成、また、オーミック用の第1層（例えば、W、Mo、Tiが第1導電型層とのオーミック接触に好ましい）と、パッド用の第2層との間にバリア層として、高融点金属層（W、Mo、白金族）を設ける構造、例えばW/Pt/Au、Ti/Rh（第2層a）/Pt（第2層b）/Au、が用いられ、特に第1電極（オーミック接触用）として好適に用いられる。特に、反射性、バリア性に優れるRhを第2層に用いると、光取出し効率が向上して好ましい。また、第2導電型層3のオーミック用の電極2300としては、露出部2s側から

順に、Ni/Au、Co/Auの他、ITOなどの導電性酸化物、白金族元素の金属、Rh/Ir、Pt/Pdなどが好適に用いられる。

特に、下部電極2100（形成部2100a）として、好ましくは、Ni/Au（透光性電極材料）であり、Rh/Ir（反射性電極材料）である。

（第4の発明）

本発明における第4の発明は、上述した第1～3の発明で得られる発光素子を用いた発光装置の発明であり、特に、発光装置の充填部材、レンズなどに光り変換部材を用いて、発光素子の光の少なくとも一部を光り変換させる発光装置について説明するものである。

実施形態10.

実施形態10では、上記第1～3の発明、実施形態1～9などの発光素子1000を、その電極形成面で積層基体10400に、実装、接合した素子積層体10300であって、その模式断面図を図54Aに示す。発光素子10000を素子積層体10300として、他の形態として、上述したように素子側で分離された第1電極21（パッド部29）{第1導電型層2の電極とパッド部}を、図54Aに示すように基体10400側電極11200で互いに接続し、分離された第2電極31（パッド部32）{第2導電型層3の電極とパッド部}も同様に基体10400側で互いに電氣的に接続されて、実装、接合されても良い。基体10400側電極11200は、発光素子10000側電極21（29）、31（32）に対応して、互いに絶縁膜11100などで絶縁分離されて設けられ、外部接続用の電極11300が設けられている。基体10400に素子部11500を設けても良く、ここでは、図54Bの等価回路に示すように、電流、静電保護素子（素子構造部11500）として、p型層（第1導電型層）11500a、n型層（第2導電型層）11500bを設けている。ここでは、素子部11500を基体10400に1つだけ設けているが、2つ以上設けて外部（素子10000、実装基体20100）の電極、基体10400側配線などで接続される形態などでも良く、また、保護素子は、基体10400上、発光装置20000内（載置部22200）に実装して、発光素子にワイヤー接続、配線接続されても良い。

発光素子 1 0 0 0 0 側電極 2 1, 3 1 と、基体 1 0 4 0 0 の電極 1 1 2 0 0 とは接合層 1 1 4 0 0 を介して接合しているが、素子 1 0 0 0 0 側電極の一部と、若しくは基体 1 0 4 0 0 側電極 1 1 2 0 0 の一部と、を接合層の一部としても良く、パッド部 1 1、2 2 p に代えて接合層を形成しても良い。

5 また、基体 1 0 4 0 0 は、素子構造 1 1 5 0 0 を有しない通常のサブマウントでも良い。基体 1 0 4 0 0 と外部とは、接続用の電極 1 1 3 0 0 でワイヤー接続されても良く、基体 1 0 4 0 0 の素子構造部の電極、若しくは内部、外部を導通する電極層を、実装面側に形成して、電極 1 1 3 0 0、接合層 1 1 4 0 0 として設けても良い。

10 (支持基板 9 0 0)

本発明の発光素子構造 1 0 0 0 0 において、素子積層構造 1 0 1 0 0 の形成時に用いた成長用基板 1 を除去すること形態としても良く、具体的には、図 5 9 B に示すように、基板 4 0 0、若しくは基板 4 0 0 と積層構造 1 0 1 0 0 との間に設けられた介在層 5 0 0 の一部若しくは全部、又はそれらに加えて、第 1 導電型層 1 の一部を除去領域 7 0 0 として、除去することも可能であり、すなわち、素子積層構造部 1 0 1 0 0 以外で不要な領域を除去することが可能である。具体的には、
15 図 1 6 B に示すように、サブマウントなどの素子積層基体への接着・実装、図 5 9 A ~ B に示すように、支持基板 1 7 0 0 に貼り合わせた状態で、研磨・研削除去、基板 1 上の一部積層部を、化学的な方法(エッチャント)による潮解、融解、
20 レーザ照射(レーザアブレーション)による分解で、除去部 7 0 0 と素子積層構造部 1 0 1 0 0 とを分離させる方法、機械的な研磨・外力を加えて面内、素子構造内において基板 1 と素子積層構造部 1 0 1 0 0 との間での応力、歪による層破壊などによる剥離などの方法、及び、それらの方法の組合せにより除去することができる。

25 好ましくは、支持基板 9 0 0 に、接合層 8 0 0 などを介して貼り合わせることに
よる転写でもって、基板 1 などの除去部 7 0 0 として除去することが好ましい。
このとき、支持基板 7 0 0 の材料としては、その目的により種々の材料を用いる
ことができ、素子の放熱性を高めるためには、放熱用の基板として、A l N、B
N、S i C、G a A s、S i、C (ダイヤモンド) が好適に用いられる。その他

の材料としては、Si、SiC、GaAs、GaP、InP、ZnSe、ZnS、ZnO等の半導体から成る半導体基板、又は、金属単体基板、又は相互に非固溶あるいは固溶限界の小さい2種以上の金属の複合体から成る金属基板を用いることができ、金属材料として具体的にはAg、Cu、Au、Pt等の高導電性金属から選択された1種以上の金属と、W、Mo、Cr、Ni等の高硬度の金属から選択された1種以上の金属と、から成るものを用いることができる。さらに、金属基板としては、Cu-WあるいはCu-Moの複合体を用いることが好ましい。基板による発光素子の光の吸収・損失、素子構造10100との接着性（素子構造10100と基板900若しくは実装部材料20300との間の熱膨張係数差など）を考慮して、支持基板900の材料、及び接着方法が選択され、基板900側から光を取出す場合には、透光性材料を選択し、また銀ペーストなどの透光性の接着層800若しくは接着層を介さない接着方法により、光損失が少なくなるような構造とし、また、除去部700側を光り取出し方向とする場合には、接着層800若しくは基板900、又は積層構造10100の一部に、Al、Agなどの反射膜を設けるなどして、外部取出し効率を高めると良い。また、図59Bに示すように、半導体層積層順序が転写により逆転する場合に本発明は、図中矢印にて示すように第1、2導電型層2、3を逆転させて本発明における素子構造とすることはいうまでもない。

（接合層800、接合層11400、接着部材20400）

支持基板900と素子構造10100との接着、素子構造10100（10000）と積層基体10300との接着、発光素子10000、支持基板900、積層基体10300と発光装置20000の実装基体20100（収納部20200）との接着、接合において、接合層800、（11400）、接着部材20400を用いることができる。その材料、構造としては、Agペースト、カーボンペースト、ITOペーストのような混合、複合組成物（有機物）、半田材料の他、発光素子10000からの放熱性を考慮して、耐熱性に優れた材料、構造として、Au、Sn、Pd、In等の金属若しくはその積層体並びに合金などが、本発明の大面積、大電流駆動で高発熱性の素子に効果的である。第1及び第2の共晶形成層の組合せは、Au-Sn、Sn-Pd、又はIn-Pdが好ましい。さらに好ましくは、第1の

共晶形成層にS nを、そして第2の共晶形成層にA uを用いる組合せである。そのほかに、金属バンプ、A u-A u接合などの金属金属接合なども用いることができる。

またこのような接合層は、下地側（基板400、素子構造10100表面、支持基板900、実装基体20100、積層基体10100）に、密着性の良い層のメタライジング層などを介したり、上記発光素子の光反射のために反射層などを介したりして、共晶膜、共晶多層膜、合金膜などの接着膜（接合層）を形成したり、その表面側に酸化防止の表面保護膜を設けても良く、また、接着側の実装側にもメタライジング層（密着性の層）、表面保護層、接着膜（接合層）を形成して、両者が接着・接合されても良い。

具体例としては、図56に示すように、発光素子10000の基板（サファイア）10と実装部20200の底面（例えばA gメッキの表面被膜）に接合層20400としては、基板側から順に、A l（0.2 μ m、反射層）／W（0.2 μ m）／P t（0.2 μ m）と、その上にA u（0.3 μ m）／S n（0.2 μ m）を7対とその表面にA u（10nm）層を形成して、実装部20200側にもA u層を形成して、加熱して圧着して接着層20400により発光素子10000を接着する。図59Bにおいて、素子構造10100を支持基板1700に貼り合わせる接合層800の具体例として、第2導電型層（p型層）のp側電極の上に、N i-P t-A u-S n-A uの多層膜を、膜厚0.2 μ m-0.3 μ m-0.3 μ m-3.0 μ m-0.1 μ m 膜厚が200 μ mで、C u30%とW70%の複合体から成る金属基板1700を用い、その金属基板の表面に、T iから成る密着層、P tから成るバリア層、そしてA uから成る第2の共晶形成層を、この順で、膜厚0.2 μ m-0.3 μ m-1.2 μ mに形成して、加熱して圧着する。

（素子積層体10300）

本発明において、上記発光素子を発光装置20000に実装する場合に、図16B、図33B、図54A、図55に示すように、ヒートシンク、サブマウントなどの積層基体10400に、発光素子10000を実装して、素子の実装積層体として、素子積層体10300を形成しても良い。このとき、発光素子10000

を積層実装する基体 10400 の材料としては、上記支持基板と同様であり、その目的、例えば、放熱性、光取出し構造、を考慮して選択される。また、このような素子積層体 10300 は、発光素子 10000 との接合面に対向する面側を実装側として、発光装置 20000 の実装部 20200 に接合される。

5 本発明の積層基体 10400 には、発光素子 10000 の電極形成面側に対向して接合する場合には、発光素子 10000 側の電極 21(29), 31(32) に対応して、基体 10400 側に電極構造 11200a, b が設けられ、発光素子 10000 の電極形成面と対向する面側（基板 400）に対向して基体 10400 に接合する場合には、基体 10400 側電極は不要であり、接合用の接着層などが
10 設けられるが、発光素子 10000 とワイヤー接続用の電極を設けても良い。基体 10400 側電極 11200 は、図に示すように、発光素子 10000 との接合面側にのみ設けられていても良く、接合面に対向する実装面側にまで回り込む実装側電極、実装面側に設けられた基体素子 10400 の電極 11400、基体 10400 に貫通孔、ビアホールを設けて発光素子 10000 の接合面側から実装面側
15 に連通、連結若しくは電氣的に接合させた実装面側電極が設けられても良い。

 また、図では 1 つの発光素子 10100 を 1 つの積層基体 10400 に実装しているが、発光素子 10100 を複数集積して 1 つの積層基体 10400 に、基体 10400 側配線電極により並列、直列、両者混合で接続させ、実装した積層体 10300 としても良く、1 つの発光素子 10100 に対し複数の積層基体 10400
20 を、例えば異なる機能の素子を基体としても良く、またこれらの組合せでも良く、さらに、発光素子 10100、積層基体（素子）10300 を縦方向に、いずれかを複数積層した素子積層体 10300 を形成しても良い。

 発光素子 10000 は、図 55 に示すように、被覆膜 10500 で覆われていても良く、その組成物としては、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MSiO_3 （なお、M としては、Zn、Ca、Mg、Ba、Sr、Zr、Y、Sn、Pb、などが挙げられる。）などの透光性無機部材であり、蛍光体（光変換部材 10600）を含有させたものも好適に用いられる。これらの透光性無機部材により蛍光体同士が結着され、さらに蛍光体は層状に LED 10000 や支持体 10400 上に堆積され結着される。このほかに被覆層としては、素子構造 10000 を被覆する絶縁保護膜

25

の他、反射膜（Al、Agなどの金属反射膜）を設けても良く、その他の反射膜材料としてはDBRなどを形成しても良い。

（光変換部材10600、層23100）

光変換部材10600、若しくは発光装置20000内の光変換層23100は、
5 発光素子10000の光を一部吸収して、異なる波長の光を発光するものであり、
蛍光体を含有したものをを用いることができる。このような光変換部材10600、
光変換層23100は、上記のように発光素子10000一部若しくは全体、又は
それに加えて積層基体10400の一部に被覆して、被覆膜10500として形成
されてもよい。また、上記第1～3の発明において、構造部などを被覆する透光
10 性保護膜などの他、発光素子からの光経路内、例えば透光性部材（レンズ、封止
部材）、などに設けることができる。蛍光体のバインダーとしては、少なくとも
Si、Al、Ga、Ti、Ge、P、B、Zr、Y、Sn、Pb、あるいはアルカリ土類金属の群から選択される1種以上の元素を含む酸化物及び水酸化物は、
少なくともSi、Al、Ga、Ti、Ge、P、B、Zr、Y、Sn、Pb、あ
15 るいはアルカリ土類金属の群から選択される1種以上の元素を含む有機金属化合物
（好ましくはさらに酸素を含む）により生成される。ここで、有機金属化合物
には、アルキル基、アリール基を含む化合物等が含まれる。このような有機金属
化合物として、例えば金属アルコキシド、金属ジケトナート、金属ジケトナート
錯体、カルボン酸金属塩等が挙げられる。

20 また、図56に示すように、発光装置20000の封止部材23000の一部と
して設けられても良く、図に示すように発光素子10000に離間して、封止部
材23000a上、若しくは23000bとの間に設けられた層23100として形
成されても良く、封止部材23000内に分散して光変換部材を含有して、封止
部材23000を光変換層23100としても良く、装置基体22000、実装基体
25 20100、凹部収納部20200内に沈降層として設けられても良い。

本発明の光変換部材に用いられる蛍光体は、発光素子から放出された可視光や
紫外光を他の発光波長に変換するためのものであり、素子構造10100の半導
体発光層から発光された光で励起されて発光する蛍光体などで、蛍光体として紫

外光、可視光により励起されて所定の色の光を発生する蛍光体も用いることができる。

具体的な蛍光体としては、銅で付活された硫化カドミ亜鉛やセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体（以下、「YAG系蛍光体」と呼ぶ。）が挙げられる。特に、高輝度且つ長時間の使用時においては（ $\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x$ ）₃（ $\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y$ ）₅O₁₂:Ce（ $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、但し、Reは、Y、Gd、Laからなる群より選択される少なくとも一種の元素である。）などが好ましい。この蛍光体は、ガーネット構造のため、熱、光及び水分に強く、励起スペクトルのピークが470nm付近などにさせることができる。また、発

光ピークも530nm付近にあり720nmまで裾を引くブロードな発光スペクトルを持たせることができる。本発明において、蛍光体は、2種類以上の蛍光体を混合させてもよい。即ち、Al、Ga、Y、La及びGdやSmの含有量が異なる2種類以上の（ $\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x$ ）₃（ $\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y$ ）₅O₁₂:Ce蛍光体を混合させてRGBの波長成分を増やすことができる。半導体発光素子の発光波長には、バラツキが生ずるものがあるため2種類以上の蛍光体を混合調整させて所望の白色系の混色光などを得ることができる。具体的には、発光素子の発光波長に合わせて色度点の異なる蛍光体の量を調整し含有させることでその蛍光体間と発光素子で結ばれる色度図上の任意の点を発光させることができる。蛍光体は、発光装置の表面上において一層からなる被覆層10500、光変換部層22100、部材10600中に二種類以上存在してもよいし、二層からなるコーティング層中にそれぞれ一種類あるいは二種類以上存在してもよい。このようにすると、異なる蛍光体からの光の混色による白色光が得られる。この場合、各蛍光物質から発光される光をより良く混色しかつ色ムラを減少させるために、各蛍光体の平均粒径及び形状は類似していることが好ましい。YAG系蛍光体に代表されるアルミニウム・ガーネット系蛍光体と、赤色系の光を発光可能な蛍光体、特に窒化物系蛍光体とを組み合わせたものを使用することもできる。これらのYAG系蛍光体および窒化物系蛍光体は、混合して被覆層中に含有させてもよいし、複数の層から構成される被覆層中に別々に含有させてもよい。以下、それぞれの蛍光体について詳細に説明していく。

本実施の形態に用いられるアルミニウム・ガーネット系蛍光体とは、Alを含み、かつY、Lu、Sc、La、Gd、Tb、Eu及びSmから選択された少なくとも一つの元素と、Ga及びInから選択された一つの元素とを含み、希土類元素から選択された少なくとも一つの元素で付活された蛍光体であり、LEDチップ10100から発光された可視光や紫外線で励起されて発光する蛍光体である。例えば、上述したYAG系蛍光体の他、 $Tb_{2.95}Ce_{0.05}Al_5O_{12}$ 、 $Y_{2.90}Ce_{0.05}Tb_{0.05}Al_5O_{12}$ 、 $Y_{2.94}Ce_{0.05}Pr_{0.01}Al_5O_{12}$ 、 $Y_{2.90}Ce_{0.05}Pr_{0.05}Al_5O_{12}$ 等が挙げられる。これらのうち、特に本実施の形態において、Yを含み、かつCeあるいはPrで付活され組成の異なる2種類以上のイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体が利用される。

発光層に窒化物系化合物半導体を用いた発光素子から発光した青色系の光と、青色光を吸収させるためボディーカラーが黄色である蛍光体から発光する緑色系及び赤色系の光と、或いは、黄色系の光であってより緑色系及びより赤色系の光を混色表示させると所望の白色系発光色表示を行うことができる。発光装置はこの混色を起こさせるために蛍光体の粉体やバルクをエポキシ樹脂、アクリル樹脂或いはシリコン樹脂などの各種樹脂や酸化珪素、酸化アルミニウムなどの透光性無機物中に含有させることもできる。このように蛍光体が含有されたものは、LEDチップからの光が透過する程度に薄く形成させたドット状のものや層状ものなど用途に応じて種々用いることができる。蛍光体と透光性無機物との比率や塗布、充填量を種々調整すること及び発光素子の発光波長を選択することにより白色を含め電球色など任意の色調を提供させることができる。

また、2種類以上の蛍光体をそれぞれ発光素子からの入射光に対して順に配置させることによって効率よく発光可能な発光装置とすることができる。即ち、反射部材を有する発光素子上には、長波長側に吸収波長があり長波長に発光可能な蛍光体が含有された色変換部材と、それよりも長波長側に吸収波長がありより長波長に発光可能な色変換部材とを積層などさせることで反射光を有効利用することができる。また、発光ピーク波長 λ_p も510nm付近にあり700nm付近まで裾を引くブロードな発光スペクトルを持つ。一方、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体である赤色系が発光可能なYAG系蛍

光体でも、ガーネット構造であり熱、光及び水分に強く、励起吸収スペクトルのピーク波長が420nmから470nm付近にさせることができる。また、発光ピーク波長 λ_p が600nm付近にあり750nm付近まで裾を引くブロードな発光スペクトルを持つ。

- 5 ガーネット構造を持ったYAG系蛍光体の組成の内、Alの一部をGaで置換することで発光スペクトルが短波長側にシフトし、また組成のYの一部をGd及び/又はLaで置換することで、発光スペクトルが長波長側へシフトする。このように組成を変化することで発光色を連続的に調節することが可能である。したがって、長波長側の強度がGdの組成比で連続的に変えられるなど窒化物半導体の青色系発光を利用して白色系発光に変換するための理想条件を備えている。

(窒化物系蛍光体)

- 本発明で使用される蛍光体は、Nを含み、かつBe、Mg、Ca、Sr、Ba、及びZnから選択された少なくとも一つの元素と、C、Si、Ge、Sn、Ti、Zr、及びHfから選択された少なくとも一つの元素とを含み、希土類元素から
- 15 選択された少なくとも一つの元素で付活された窒化物系蛍光体も用いることができる。また、本実施の形態に用いられる窒化物系蛍光体としては、LEDチップ10100から発光された可視光、紫外線、及びYAG系蛍光体からの発光を吸収することによって励起され発光する蛍光体をいう。例えば、Ca-Ge-N:Eu, Z系、Sr-Ge-N:Eu, Z系、Sr-Ca-Ge-N:Eu, Z系、
- 20 Ca-Ge-O-N:Eu, Z系、Sr-Ge-O-N:Eu, Z系、Sr-Ca-Ge-O-N:Eu, Z系、Ba-Si-N:Eu, Z系、Sr-Ba-Si-N:Eu, Z系、Ba-Si-O-N:Eu, Z系、Sr-Ba-Si-O-N:Eu, Z系、Ca-Si-C-N:Eu, Z系、Sr-Si-C-N:Eu, Z系、Sr-Ca-Si-C-N:Eu, Z系、Ca-Si-C-O-N:Eu, Z系、Sr-Si-C-O-N:Eu, Z系、Sr-Ca-Si-C-O-N:Eu, Z系、Mg-Si-N:Eu, Z系、Mg-Ca-Sr-Si-N:Eu, Z系、Sr-Mg-Si-N:Eu, Z系、Mg-Si-O-N:Eu, Z系、Mg-Ca-Sr-Si-O-N:Eu, Z系、Sr-Mg-Si-O-N:Eu, Z系、Ca-Zn-Si-C-N:Eu, Z系、Sr-Zn-S
- 25

$i-C-N:Eu$, Z系、 $Sr-Ca-Zn-Si-C-N:Eu$, Z系、 $Ca-Zn-Si-C-O-N:Eu$, Z系、 $Sr-Zn-Si-C-O-N:Eu$, Z系、 $Sr-Ca-Zn-Si-C-O-N:Eu$, Z系、 $Mg-Zn-Si-N:Eu$, Z系、 $Mg-Ca-Zn-Sr-Si-N:Eu$, Z系、 $Sr-Zn-Mg-Si-N:Eu$, Z系、 $Mg-Zn-Si-O-N:Eu$, Z系、 $Mg-Ca-Zn-Sr-Si-O-N:Eu$, Z系、 $Sr-Mg-Zn-Si-O-N:Eu$, Z系、 $Ca-Zn-Si-Sn-C-N:Eu$, Z系、 $Sr-Zn-Si-Sn-C-N:Eu$, Z系、 $Sr-Ca-Zn-Si-Sn-C-N:Eu$, Z系、 $Ca-Zn-Si-Sn-C-O-N:Eu$, Z系、 $Sr-Zn-Si-Sn-C-O-N:Eu$, Z系、 $Sr-Ca-Zn-Si-Sn-C-O-N:Eu$, Z系、 $Mg-Zn-Si-Sn-N:Eu$, Z系、 $Mg-Ca-Zn-Sr-Si-Sn-N:Eu$, Z系、 $Sr-Zn-Mg-Si-Sn-N:Eu$, Z系、 $Mg-Zn-Si-Sn-O-N:Eu$, Z系、 $Mg-Ca-Zn-Sr-Si-Sn-O-N:Eu$, Z系、 $Sr-Mg-Zn-Si-Sn-O-N:Eu$, Z系など種々の組合せの蛍光体を製造することができる。希土類元素であるZは、Y、La、Ce、Pr、Nd、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Luのうち少なくとも1種以上が含有されていることが好ましいが、Sc、Sm、Tm、Ybが含有されていてもよい。これらの希土類元素は、単体の他、酸化物、イミド、アミド等の状態で原料中に混合する。希土類元素は、主に安定な3価の電子配置を有するが、Yb、Sm等は2価、Ce、Pr、Tb等は4価の電子配置を有する。酸化物の希土類元素を用いた場合、酸素の関与が蛍光体の発光特性に影響を及ぼす。つまり酸素を含有することにより発光輝度の低下を生じる場合もある。その反面、残光を短くするなどの利点もある。但し、Mnを用いた場合は、MnとOとのフラックス効果により粒径を大きくし、発光輝度の向上を図ることができる。本発明に係る蛍光体は、Mnが添加された $Sr-Ca-Si-N:Eu$ 、 $Ca-Si-N:Eu$ 、 $Sr-Si-N:Eu$ 、 $Sr-Ca-Si-O-N:Eu$ 、 $Ca-Si-O-N:Eu$ 、 $Sr-Si-O-N:Eu$ 系シリコンナイトライドである。この蛍光体の基本構成元素は、一般式 $L_x Si_y N_{(2/3x+4/3y)}:Eu$ 若しくは $L_x Si_y O_z N_{(2/3x+4/3y-2/3z)}:Eu$ (Lは、Sr、

Ca、SrとCaのいずれか。)で表される。一般式中、X及びYは、 $X=2$ 、 $Y=5$ 又は、 $X=1$ 、 $Y=7$ であることが好ましいが、任意のものも使用できる。具体的には、基本構成元素は、Mnが添加された $(Sr_xCa_{1-x})_2Si_5N_8:Eu$ 、 $Sr_2Si_5N_8:Eu$ 、 $Ca_2Si_5N_8:Eu$ 、 $Sr_xCa_{1-x}Si_7N_{10}:Eu$ 、 $SrSi_7N_{10}:Eu$ 、 $CaSi_7N_{10}:Eu$ で表される蛍光体を使用することが好ましいが、この蛍光体の組成中には、Mg、Sr、Ca、Ba、Zn、B、Al、Cu、Mn、Cr及びNiからなる群より選ばれる少なくとも1種以上が含有されていてもよい。但し、本発明は、この実施の形態及び実施例に限定されない。

- 10 Lは、Sr、Ca、SrとCaのいずれかである。SrとCaは、所望により配合比を変えることができる。
- 蛍光体の組成にSiを用いることにより安価で結晶性の良好な蛍光体を提供することができる。発光中心に希土類元素であるユウロピウムEuを用いる。ユウロピウムは、主に2価と3価のエネルギー準位を持つ。具体的な組成としては、
- 15 $Sr_2Si_5N_8:Eu$ 、Pr、 $Ba_2Si_5N_8:Eu$ 、Pr、 $Mg_2Si_5N_8:Eu$ 、Pr、 $Zn_2Si_5N_8:Eu$ 、Pr、 $SrSi_7N_{10}:Eu$ 、Pr、 $BaSi_7N_{10}:Eu$ 、Ce、 $MgSi_7N_{10}:Eu$ 、Ce、 $ZnSi_7N_{10}:Eu$ 、Ce、 $Sr_2Ge_5N_8:Eu$ 、Ce、 $Ba_2Ge_5N_8:Eu$ 、Pr、 $Mg_2Ge_5N_8:Eu$ 、Pr、 $Zn_2Ge_5N_8:Eu$ 、Pr、 $SrGe_7N_{10}:Eu$ 、Ce、 $BaGe_7N_{10}:Eu$ 、Pr、 $MgGe_7N_{10}:Eu$ 、Pr、 $ZnGe_7N_{10}:Eu$ 、Ce、 $Sr_{1.8}Ca_{0.2}Si_5N_8:Eu$ 、Pr、 $Ba_{1.8}Ca_{0.2}Si_5N_8:Eu$ 、Ce、 $Mg_{1.8}Ca_{0.2}Si_5N_8:Eu$ 、Pr、 $Zn_{1.8}Ca_{0.2}Si_5N_8:Eu$ 、Ce、 $Sr_{0.8}Ca_{0.2}Si_7N_{10}:Eu$ 、La、 $Ba_{0.8}Ca_{0.2}Si_7N_{10}:Eu$ 、La、 $Mg_{0.8}Ca_{0.2}Si_7N_{10}:Eu$ 、Nd、 $Zn_{0.8}Ca_{0.2}Si_7N_{10}:Eu$ 、Nd、 $Sr_{0.8}Ca_{0.2}Ge_7N_{10}:Eu$ 、Tb、 $Ba_{0.8}Ca_{0.2}Ge_7N_{10}:Eu$ 、Tb、 $Mg_{0.8}Ca_{0.2}Ge_7N_{10}:Eu$ 、Pr、 $Zn_{0.8}Ca_{0.2}Ge_7N_{10}:Eu$ 、Pr、 $Sr_{0.8}Ca_{0.2}Si_6GeN_{10}:Eu$ 、Pr、 $Ba_{0.8}Ca_{0.2}Si_6GeN_{10}:Eu$ 、Pr、 $Mg_{0.8}Ca_{0.2}Si_6GeN_{10}:Eu$ 、Y、 $Zn_{0.8}Ca_{0.2}Si_6GeN_{10}:Eu$ 、Y、 Sr_2Si
- 20
- 25

$_5\text{N}_8:\text{Pr}$ 、 $\text{Ba}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Pr}$ 、 $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Tb}$ 、 $\text{BaGe}_7\text{N}_{10}:\text{Ce}$ などが製造できるがこれに限定されない。

窒化物系蛍光体は、LEDチップ10000によって発光された青色光の一部を吸収して黄から赤色領域の光を発光する。窒化物系蛍光体をYAG系蛍光体と共に上記の構成を有する発光装置20000に使用して、LEDチップ10000により発光された青色光と、窒化物系蛍光体による黄色から赤色光とが混色により暖色系の白色系の混色光を発光する発光装置を提供する。窒化物系蛍光体の他に加える蛍光体には、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質が含有されていることが好ましい。前記イットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質を含有することにより、所望の色度に調節することができるからである。セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質は、LEDチップ10100により発光された青色光の一部を吸収して黄色領域の光を発光する。ここで、LEDチップ10000により発光された青色光と、イットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質の黄色光とが混色により青白い白色に発光する。従って、このイットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質と赤色発光する蛍光体とを、透光性を有するコーティング部材10500中に一緒に混合し、LEDチップ10000により発光された青色光とを組み合わせることにより白色系の混色光を発光する発光装置を提供することができる。特に好ましいのは、色度が色度図における黒体放射の軌跡上に位置する白色の発光装置である。但し、所望の色温度の発光装置を提供するため、イットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質の蛍光体量と、赤色発光の蛍光体量を適宜変更することもできる。この白色系の混色光を発光する発光装置は、特殊演色評価数R9の改善を図っている。従来の青色発光素子とセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質との組合せのみの白色系発光装置は、色温度 $T_{cp}=4600\text{K}$ 付近において特殊演色評価数R9がほぼ0に近く、赤み成分が不足していた。そのため特殊演色評価数R9を高めることが解決課題となっていたが、本発明において赤色発光の蛍光体をイットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質と共に用いることにより、色温度 $T_{cp}=4600\text{K}$ 付近において特殊演色評価数R9を40付近まで高めることができる。

(発光装置 2 0 0 0)

図 5 5 は、本発明において、発光素子 1 0 0 0 及びその積層体 1 0 3 0 0 を実装基体 2 0 1 0 0 に実装した発光装置 2 0 0 0 であり、本発明の実施形態 1 1 に係る。発光装置 2 0 0 0 は、装置基体 2 2 0 0 により、リード部 2 1 0 0 が
5 固定され、リード部の一方をマウント・リード 2 1 0 0 として、実装基体 2 0 1 0 0 として機能し、その収納部（凹部） 2 0 2 0 0 内に発光素子 1 0 0 0 （積層体 1 0 4 0 0 ）が接合層 1 1 4 0 0 （接着層 2 0 4 0 0 ）を介して実装され、凹部（開口部 2 2 5 0 0 ）側面を反射部 2 0 3 0 0 とし、且つ、基体 2 0 1 0 0 は、放熱部 2 0 5 0 0 として機能させて外部放熱器に接続しても良い。また、装置基体 2 0 2 0 0 には、光取出し部 2 2 3 0 0 に開口して（開口部 2 2 5 0 0 ）、テラス部 2 2 2 0 0 が基体 2 0 1 0 0 外部に設けられ、保護素子などの他の素子を実装しても良く、凹部 2 0 2 0 0 、基体 2 2 0 0 0 開口部には、透光性の封止部材 2 3 0 0 0 で封止され、また凹部 2 0 2 0 0 外部にも反射部 2 0 3 0 0 が設けられている。また、
10 リード電極 2 1 0 0 0 は、基体 2 2 0 0 0 内部の内部リード 2 1 1 0 0 と、それを基体 2 2 0 0 0 外部に延在させた外部リード 2 1 2 0 0 により、外部と接続される。発光素子 1 0 0 0 （積層体 1 0 3 0 0 ）は、各リード 2 1 0 0 0 に、ワイヤー 2 5 0 0 0 接続、電氣的接合 2 0 4 0 0 により電氣的に接続される。

実施形態 1 1 として、図 5 5 に示すように、リード 2 1 0 0 0 と絶縁分離された実装基体 2 1 0 0 0 に発光素子 1 0 0 0 0 を接着部材 2 0 4 0 0 により実装した
20 発光装置 2 0 0 0 であり、発光素子 1 0 0 0 0 の収納基体 2 0 1 0 0 には反射部 2 0 3 0 0 を備え、放熱部 2 0 5 0 0 として外部放熱体に接続しても良く、発光素子 1 0 0 0 0 は各内部リード 2 1 1 0 0 にワイヤー 2 5 0 0 0 接続され、リード 2 1 0 0 0 は外部に延在して外部に電氣的に接続される。このように、実装基体 2 0 1 0 0 とリード 2 1 0 0 0 とを分離することで、熱設計に優れた発光装置とできる。また、発光装置には、光透過性の封止部材 2 3 0 0 0 で凹部 2 0 2 0 0 、基体 2 2 0 0 0 の反射部 2 2 1 0 0 、テラス部 2 2 2 0 0 を封止して、形成され、該封止部材 2 3 0 0 0 に光学的に光学レンズ部を接続して、若しくは光学レンズの形状に封止部材 2 3 0 0 0 を成形して、所望の光学系（レンズ）を設けることで、所望の指向性の発光を得ることができる。
25

パッケージ 22000 の凹部内表面 22100、22200 は、エンボス加工させて接着面積を増やしたり、プラズマ処理してモールド部材 23000 との密着性を向上させたりすることもできる。また、パッケージ 22000 の凹部は、図に示すようにその側面が開口方向に向かって広くなる形状（テーパ形状）を有していることが好ましい。このようにすると、発光素子から出光した光は凹部の側面 22100 に反射してパッケージ正面に向かうため、光取出し効率が向上するなどの効果がある。パッケージ 22000 は、外部電極 21200 と一体的に形成させてもよく、パッケージ 22000 が複数に分かれ、はめ込みなどにより組み合わせ構成させてもよい。このようなパッケージ 22000 は、インサート成形などにより比較的簡単に形成することができる。パッケージ材料としてポリカーボネート樹脂、ポリフェニレンサルファイド（PPS）、液晶ポリマー（LCP）、ABS 樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、アクリル樹脂、PBT 樹脂等の樹脂やセラミック、金属などを用いることができる。紫外線を含む光を発光する LED チップを用いた発光装置を高出力で使用する場合、樹脂が紫外線によって劣化し、樹脂の黄変などによる発光効率低下や、機械的強度の低下による発光装置の寿命の低下などが生じることが考えられる。そこで、パッケージ材料として金属を使用することは、紫外線を含む光を発光する LED チップを高出力で使用した場合でも樹脂のようにパッケージが劣化することがないためより好ましい。

また、パッケージ 22000 を暗色系に着色させる着色剤としては種々の染料や顔料が好適に用いられる。具体的には、 Cr_2O_3 、 MnO_3 、 Fe_2O_3 やカーボンブラックなどが好適に挙げられる。

LED チップ 10000 とパッケージ 22000 との接着は熱硬化性樹脂などによって行うこともできる。具体的には、エポキシ樹脂、アクリル樹脂やイミド樹脂などが挙げられる。外部電極 21200 としては、銅やリン青銅板表面に銀、パラジウム或いは金などの金属メッキや半田メッキなどを施したものが好適に用いられる。ガラスエポキシ樹脂やセラミックなどの装置基体 22000 上などに設けられた外部電極 21200 としては、銅箔やタングステン層を形成させることができる。

導電性ワイヤー 25000 の直径は、好ましくは、 $\Phi 10 \mu\text{m}$ 以上、 $\Phi 70 \mu\text{m}$ 以下である。このような導電性ワイヤー 25000 として具体的には、金、銅、白金、アルミニウム等の金属及びそれらの合金を用いた導電性ワイヤーが挙げられる。このような導電性ワイヤー 25000 は、各 LED チップ 10000 の電極と、インナー・リード及びマウント・リードなどと、をワイヤーボンディング機器によって容易に接続させることができる。

モールド部材 23000 は、発光装置の使用用途に応じて LED チップ 10000、導電性ワイヤー 25000、蛍光体が含有されたコーティング層 22100、10500 などを外部から保護するため、あるいは光取出し効率を向上させるために設けることができる。モールド部材 23000 は、各種樹脂や硝子（ガラス）などを用いて形成させることができる。モールド部材 23000 の具体的な材料としては、主としてエポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコーン樹脂、フッ素樹脂などの耐候性に優れた透明樹脂や硝子などが好適に用いられる。また、モールド部材に拡散剤を含有させることによって LED チップ 10000 からの指向性を緩和させ視野角を増やすこともできる。このような、モールド部材 23000 は、コーティング層の結着剤、バインダーと同じ材料を用いても良いし異なる材料としても良い。

なお、金属パッケージを使用して、窒素ガスなどと共に LED チップ 10000 を気密封止する場合は、モールド部材 23000 は本発明に必須の構成部材ではない。また、紫外線を発光する LED チップを使用して発光装置を形成する場合であっても、フッ素樹脂等のように紫外線に強い樹脂をモールド部材として使用することができる。

また、他の発光装置 20000 として、金属製の基体 22000 に実装部 20100（凹部 20200）若しくはリードの一方にマウントリードを設けて発光素子 10000（積層体 10300）を実装して、基体 22000 に絶縁分離したリード 21000 を設けて、窓部を備えたキャップとなる封止体（金属製など）で、窒素などの不活性ガス、酸素若しくはそれらの混合ガスで気密封止したもの、COB のように、金属製などの基板上の 1 つ若しくは複数の凹部収納部 20200 に発光素子 10000 を直接実装し、また各収納部にレンズなどの光学部材を設け

たものなどがある。

- 発光素子 1 0 0 0 0 (積層体 1 0 3 0 0) の実装形態として、1つの収納部 2 0 2 0 0 (実装基体 2 0 1 0 0) に複数の素子 1 0 0 0 0 (1 0 3 0 0) を集積実装したもの、発光素子 1 0 0 0 0 (1 0 3 0 0) を実装した基体 2 0 1 0 0 を複数設けて
- 5 (基体 2 0 1 0 0 に複数の収納部 2 0 2 0 0 設けて) 1つの装置基体 2 2 0 0 0 で成形したもの、などを挙げることができ、所望の特性に応じて設計することができる。

産業上の利用の可能性

- 10 本発明により得られる半導体発光素子は、所望方向への光を積極的に、かつ効率的に取り出すことが可能となり、光取り出し効率向上、高出力化が可能な発光素子が得られる。また、その発光素子を用いた発光装置も出力などの特性に優れたものとなる。

請 求 の 範 囲

1. 基板上に、n型半導体層、活性層及びp型半導体層が積層されてなる積層部を有し、その積層部で発光する窒化物半導体発光素子において、
 - 5 上記積層部の側面は、上記n型半導体層の表面を含む傾斜面であり、そのn型半導体層の表面にn電極が形成されたことを特徴とする窒化物半導体発光素子。
 2. 上記n電極は上記積層部を囲むように形成された請求項1記載の窒化物半導体発光素子。
 3. 上記n電極を上記基板の側面から上記基板の下面にも連続して形成した請求項1又は2記載の窒化物半導体発光素子。
 - 10 4. 上記積層部を円形とした請求項1～3のうちのいずれか1つに記載の窒化物半導体発光素子。
 5. 上記積層部を六角形とした請求項1～3のうちのいずれか1つに記載の窒化物半導体発光素子。
 - 15 6. 上記発光領域となる積層部を複数形成した請求項1～5のうちのいずれか1つに記載の窒化物半導体発光素子。
 7. 上記各積層部に形成されたn電極は、互いに接続された共通電極として形成された請求項6記載の窒化物半導体発光素子。
 8. 上記各積層部において形成された上記p型半導体層とオーミック接触するp側オーミック電極が互いに接続された請求項7記載の窒化物半導体発光素子。
 - 20 9. 上記積層部を覆うように反射層を形成した請求項1, 2, 4～8のうちのいずれか1つに記載の窒化物半導体発光素子。
 10. 上記反射層は上記積層部を覆うように絶縁膜を介して金属層を形成することにより形成された請求項9記載の窒化物半導体発光素子。
 - 25 11. 上記金属層は、上記積層部のp型半導体層にそれぞれ形成されたpオーミック電極を接続する接続電極である請求項10記載の窒化物半導体発光素子。
 12. 上記反射層は誘電体多層膜からなる請求項9記載の窒化物半導体発光素子。
 13. 上記傾斜側面は、外側に膨らんだ凸曲面である請求項1～12のうちの

いずれか1つに記載の窒化物半導体発光素子。

14. n型窒化物半導体層とp型窒化物半導体層の間に、窒化物半導体からなる発光層を有してなる窒化物半導体発光素子において、

5 少なくとも上記p型窒化物半導体層と上記発光層を含むように台形錐形状の積層体が形成され、該積層体は側面が絶縁されるように金属部材に埋め込まれたことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

15. n型窒化物半導体層とp型窒化物半導体層の間に、窒化物半導体からなる発光層を有してなる窒化物半導体発光素子において、

10 少なくとも上記p型窒化物半導体層と上記発光層を含むように台形錐形状の積層体が形成されて、その積層体が該積層体の表面に沿って対向するように設けられた金属部材により保持されたことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

16. 上記金属部材の上記積層体の反対側に位置する面が、平坦な面である請求項1又は2記載の窒化物半導体発光素子。

15 17. 上記n型窒化物半導体層の対向する2つの面のうちの上記積層体の反対側に位置する面に透明電極が形成されている請求項1～3のうちのいずれか1つに記載の窒化物半導体発光素子。

18. 上記透明電極はITOである請求項4記載の窒化物半導体発光素子。

20 19. 上記p型窒化物半導体層とオーミック接触するように上記積層体と上記金属部材の間に形成されたp型電極は、Rhを含む請求項1～5のうちのいずれか1つに記載の窒化物半導体発光素子。

20. 上記積層体は上記n型窒化物半導体層の一部を含んで構成されている請求項1～6のうちのいずれか1つに記載の窒化物半導体発光素子。

21. 上記積層体は上記n型窒化物半導体層の全てを含むように構成されている請求項1～6のうちのいずれか1つに記載の窒化物半導体発光素子。

25 22. 上記金属部材の厚さは50 μ m以上である請求項1～8のうちのいずれか1つに記載の窒化物半導体発光素子。

23. 上記積層体を複数個備えた請求項1～9のうちのいずれか1つに記載の窒化物半導体発光素子。

24. 上記複数の積層体は、共通のn型窒化物半導体層の上に設けられている

請求項 10 記載の窒化物半導体発光素子。

25. 上記 n 型窒化物半導体は、各積層体ごとに分離されている請求項 10 記載の窒化物半導体発光素子。

26. 上記金属部材は、Ti、Ag、Al、Ni、Pt、Au、Rh、Cu、
5 W等からなる群から選択された金属又はその金属を少なくとも含む合金からなる請求項 1～12 のうちのいずれか 1 つに記載の窒化物半導体発光素子。

27. 基板上に n 型半導体層と発光層と p 型半導体層を形成する第 1 工程と、
上記 p 型半導体層と上記発光層とを含むように台形錐形状の発光領域を形成する第 2 工程と、

10 上記発光領域を覆うように金属部材を形成する第 3 工程と、
上記基板を除去する第 4 工程と、

上記発光領域の間で金属部材を切断することにより、発光素子ごとに分離する第 5 工程とを含むことを特徴とする発光素子の製造方法。

28. 上記第 3 工程において、上記金属部材をメッキにより形成する請求項 1
15 4 記載の発光素子の製造方法。

29. 第 1 導電型層と第 2 導電型層とに挟まれた発光層を有する構造を備えた半導体発光素子において、

前記第 1、2 導電型層、発光層の少なくとも一部が含まれて、断面において構造部幅の大きい底面側と小さい上面側を備えて、対向する側面が互いに傾斜した構造部が設けられると共に、
20

前記構造部側面が、底面側よりも上面側の幅が大きな第 1 側面と、上面側よりも底面側の幅が大きな第 2 側面と、を有することを特徴とする半導体発光素子。

30. 前記第 1 側面が、底面において構成辺に挟まれた角部に設けられていることを特徴とする請求項 29 記載の半導体発光素子。
25

31. 前記構造部が、その内部に前記発光層を備えることを特徴とする請求項 29 記載の半導体発光素子。

32. 前記構造部の底面側が方形状、多角形状であり、該形状の底面側構成辺に前記第 2 側面が設けられ、該形状の角部が前記第 1 側面が設けられている

ことを特徴とする請求項 29 記載の半導体発光素子。

33. 前記構造部が錐体形状を有することを特徴とする請求項 29 記載の発光素子。

5 34. 前記第 1 側面が、構造部外側に向かって凸な湾曲面であることを特徴とする請求項 29 記載の半導体発光素子。

35. 前記構造部上面、底面における第 1 側面が丸みを帯びた構成辺を形成し、該丸みの曲率半径が底面側より上面側が大きいことを特徴とする請求項 29 記載の半導体発光素子。

10 36. 前記発光素子が、前記構造部を複数有して、各構造部がほぼ同時に発光されるように電極構造が形成されていることを特徴とする請求項 29 記載の発光素子。

37. 前記発光素子が、構造部上面に同一面側に正負一対の電極を有することを特徴とする請求項 29 記載の発光素子。

15 38. 前記発光素子の一方の電極は、前記構造部側面の一部を覆って形成されていることを特徴とする請求項 37 記載の発光素子。

39. 前記構造部が基板上に互いに分離されて複数設けられ、各構造部がほぼ同時に発光できるように電極が設けられていることを特徴とする請求項 29 記載の発光素子。

20 40. 前記発光素子が構造部上面側を実装面側として、実装基体に載置され、前記構造部に設けられた一方の電極は、基板面の上に設けられ、他方の電極は、互いに分離された複数構造部上面に接続するような配線が前記実装基体側に設けられていることを特徴とする請求項 37 記載の発光素子。

25 41. 前記発光素子が、構造部上面、底面側に対向配置された一対の電極を有し、それぞれ第 1, 2 導電型層表面に設けられていることを特徴とする請求項 29 記載の発光素子。

42. 前記発光素子の構造部側面を覆う透光性絶縁膜を介して充填部材を有することを特徴とする請求項 41 記載の発光素子。

43. 前記発光素子が、複数の構造部を有し、該構造部間に凸状の充填部材を有することを特徴とする請求項 41 記載の発光素子。

44. 前記発光素子の構造部が発光層を内部に有し、前記充填部材が前記発光層よりも構造部底面側に突出して形成されていることを特徴とする請求項42記載の発光素子。

5 45. 請求項29乃至44記載の発光素子が載置される載置部を有する発光装置であって、前記載置部に、発光素子が支持基板上に実装されて、載置されていることを特徴とする発光装置。

46. 請求項29乃至44記載の発光素子を用いた発光装置であって、発光装置には、発光素子から光の一部を、それとは異なる波長の光に変換する光変換部材を有することを特徴とする発光装置。

10 47. 前記光変換部材が、Alを含み、かつY、Lu、Sc、La、Gd、Tb、Eu及びSmから選択された少なくとも一つの元素と、Ga及びInから選択された一つの元素とを含むアルミニウム・ガーネット系蛍光体であって、さらに希土類元素から選択された少なくとも一つの元素を含有するアルミニウム・ガーネット系蛍光体を有することを特徴とする請求項45又は46記載の発光装置。

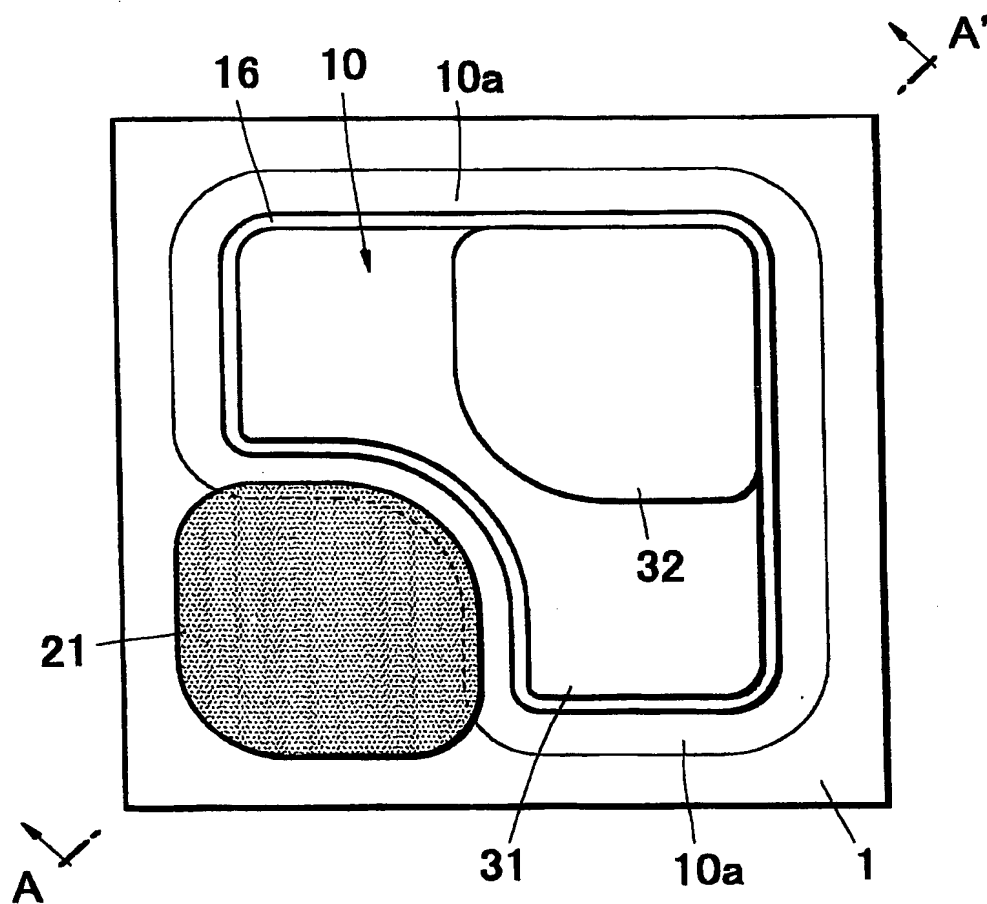
15 48. 前記光変換部材が、 $(Re_{1-x}R_x)_3(Al_{1-y}Ga_y)_5O_{12}$ ($0 < x < 1$, $0 \leq y \leq 1$ 、但し、Reは、Y、Gd、La、Lu、Tb、Smからなる群より選択される少なくとも一種の元素であり、RはCe又はCeとPrである)であらわされる蛍光体を有することを特徴とする請求項45又は46記載の発光装置。

20 49. 前記光変換部材が、Nを含み、かつBe、Mg、Ca、Sr、Ba、及びZnから選択された少なくとも一つの元素と、C、Si、Ge、Sn、Ti、Zr、及びHfから選択された少なくとも一つの元素とを含み、希土類元素から選択された少なくとも一つの元素で付活された窒化物系蛍光体を有する請求項45又は46に記載の発光装置。

25 50. 前記窒化物系蛍光体が、一般式 $L_xSi_yN_{(2/3x+4/3y)}$: Eu若しくは $L_xSi_yO_zN_{(2/3x+4/3y-2/3z)}$: Eu (Lは、Sr若しくはCa、又は、Sr及びCa、のいずれか。)で表されることを特徴とする請求項45又は46に記載の発光装置。

1/45

図 1



2/45

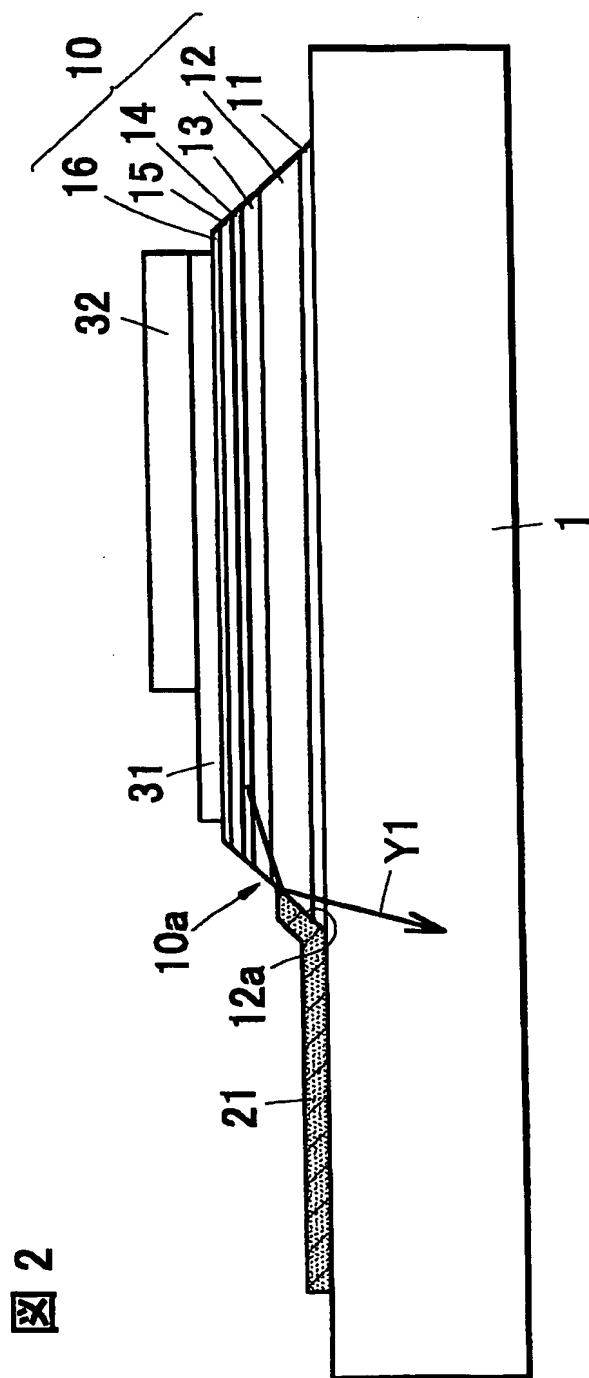
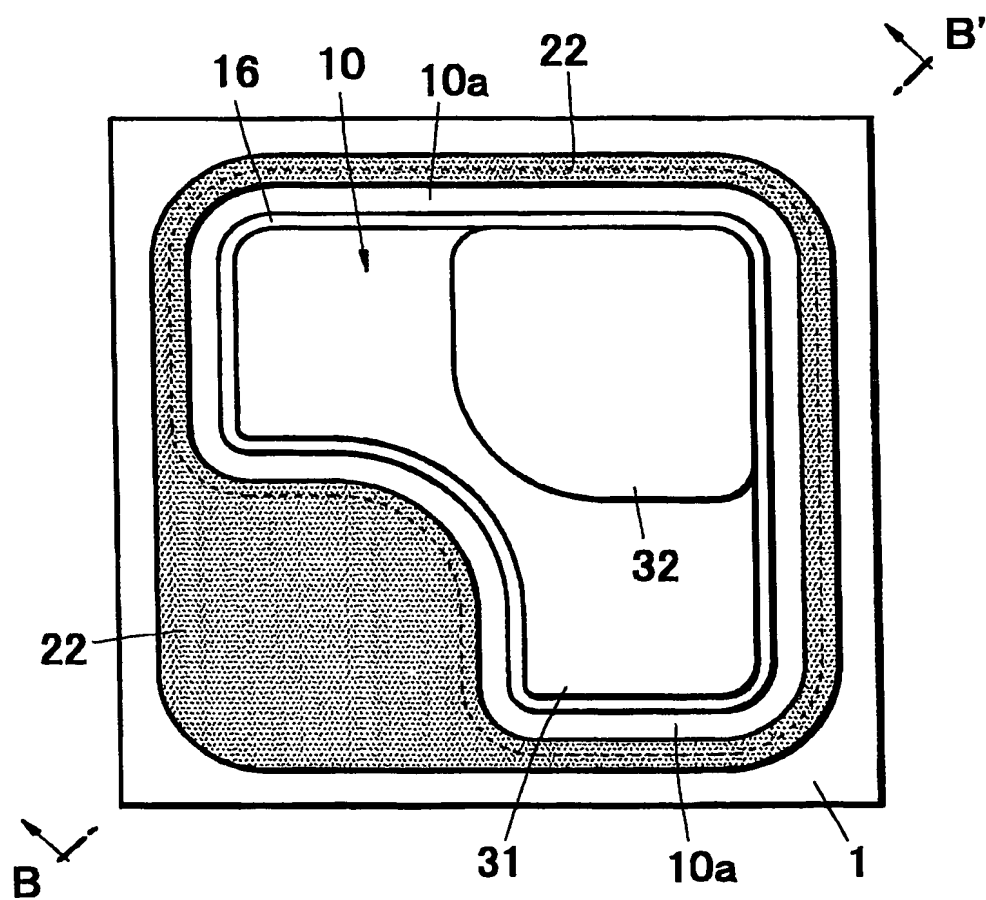


図 2

3/45

図 3



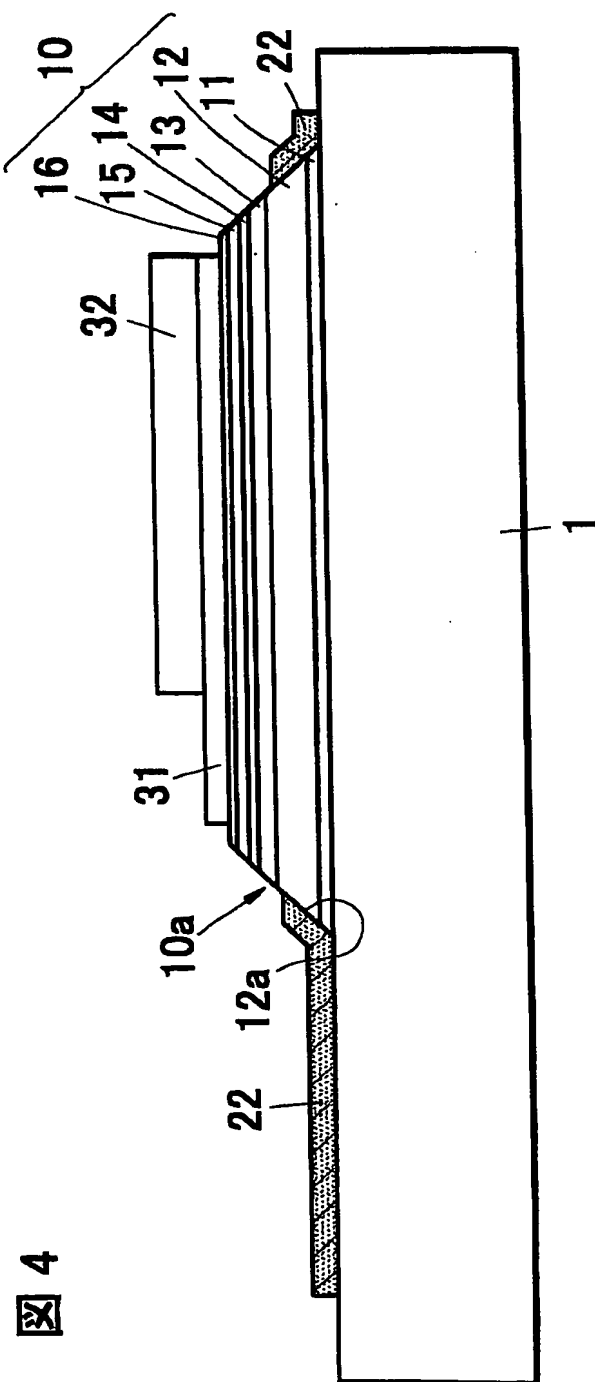


图 4

5/45

図 5

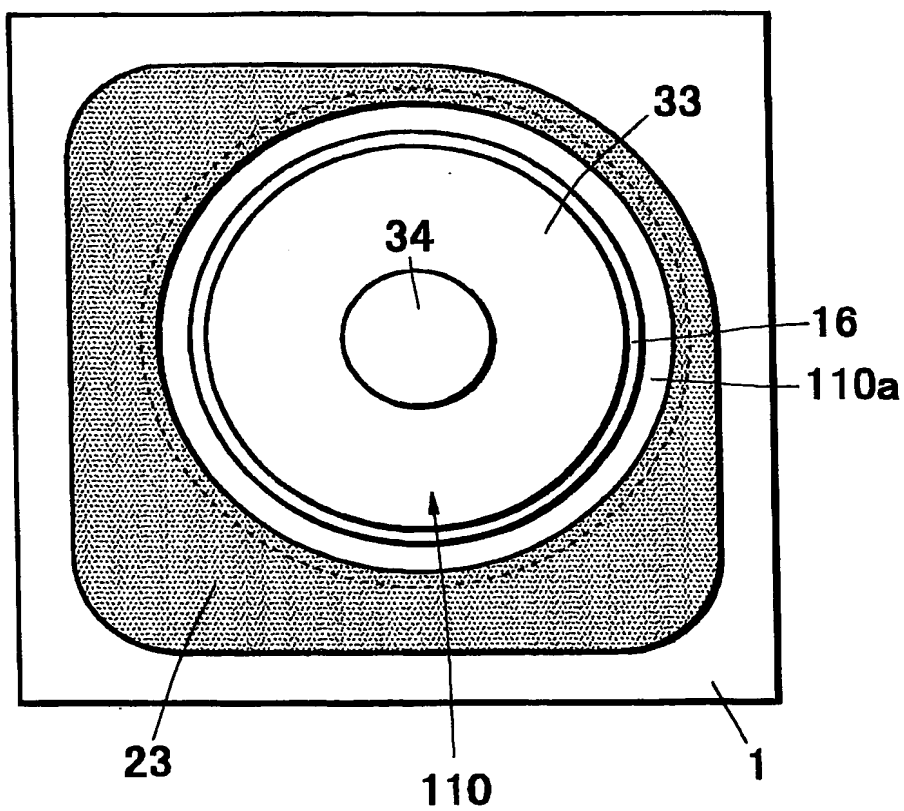
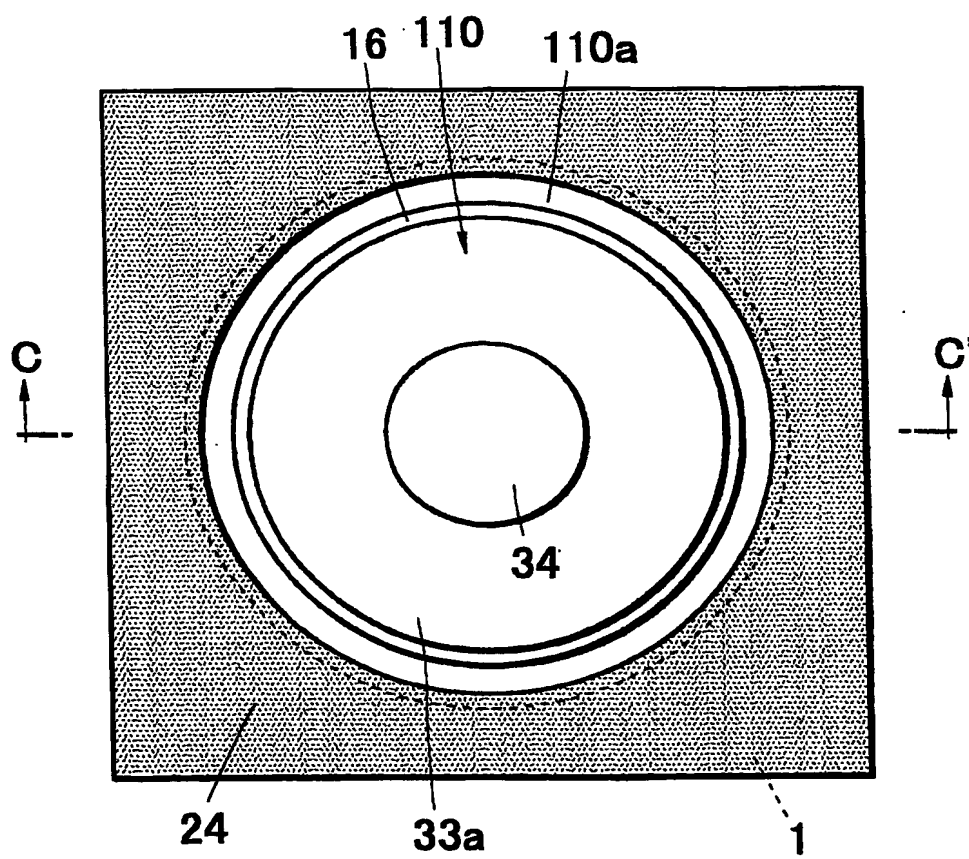


図 6



7/45

図 7

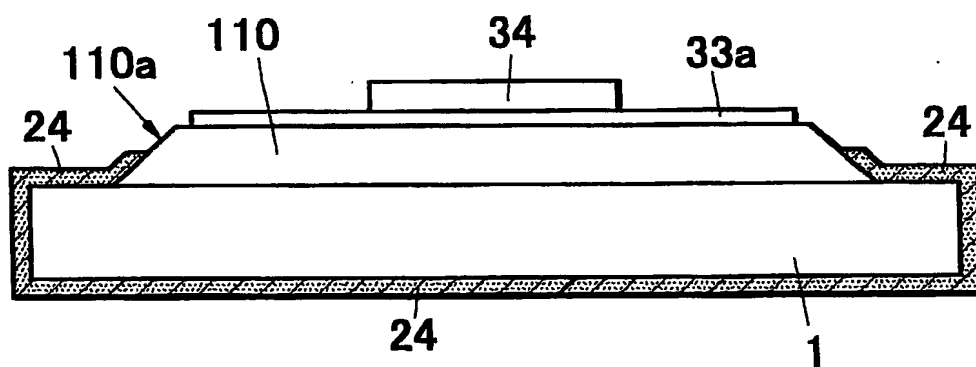
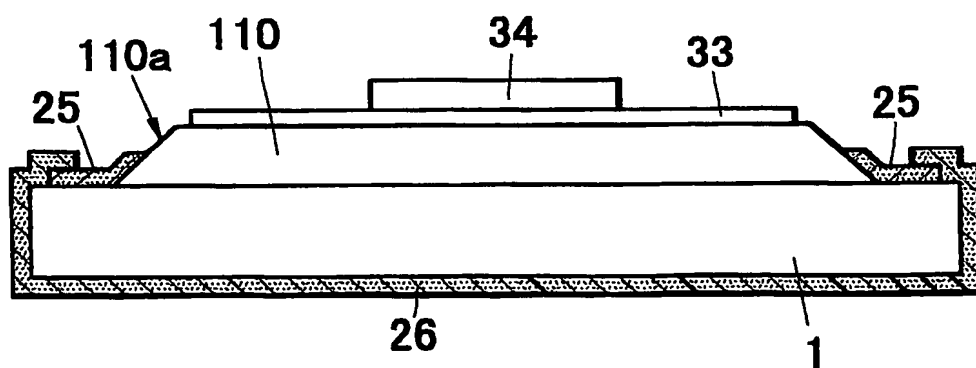


図 8



8/45

図 9

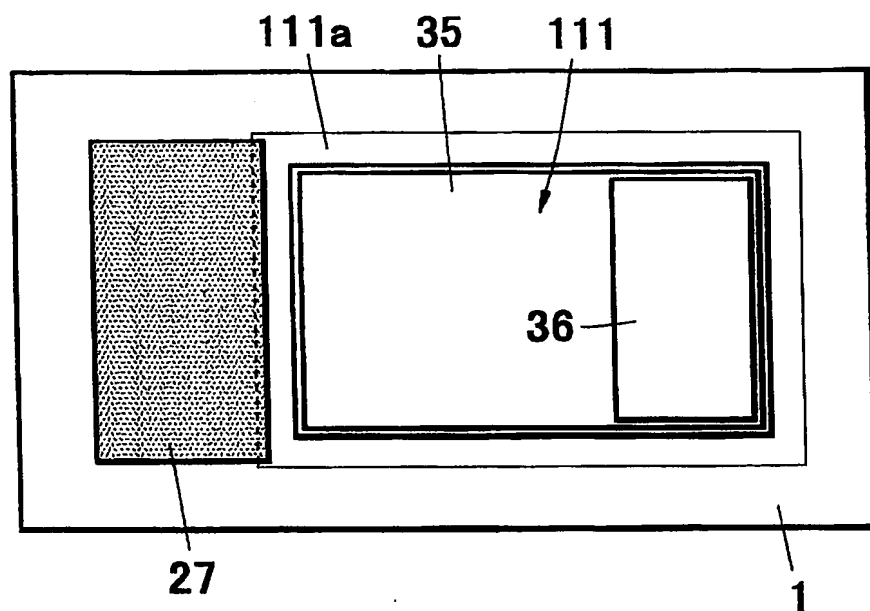


図 10

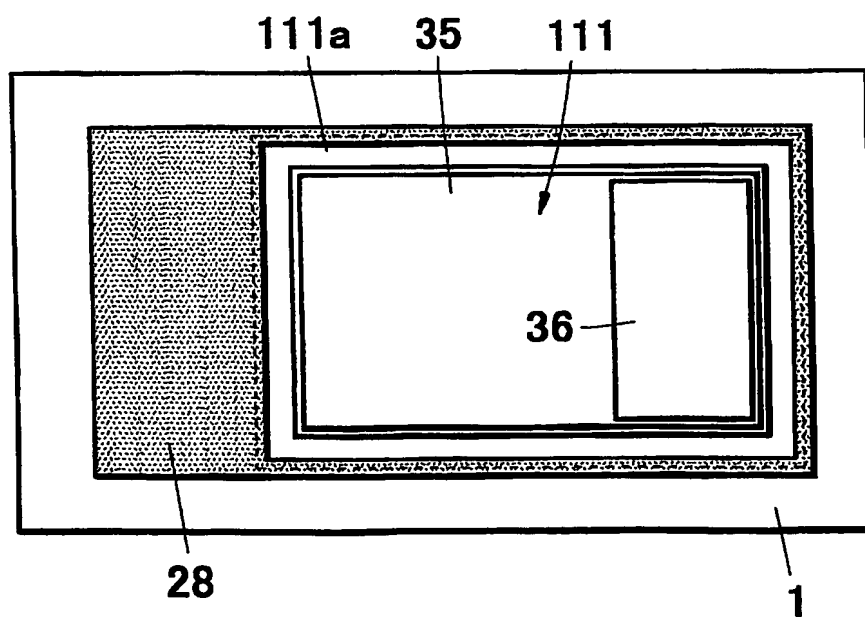


図 11

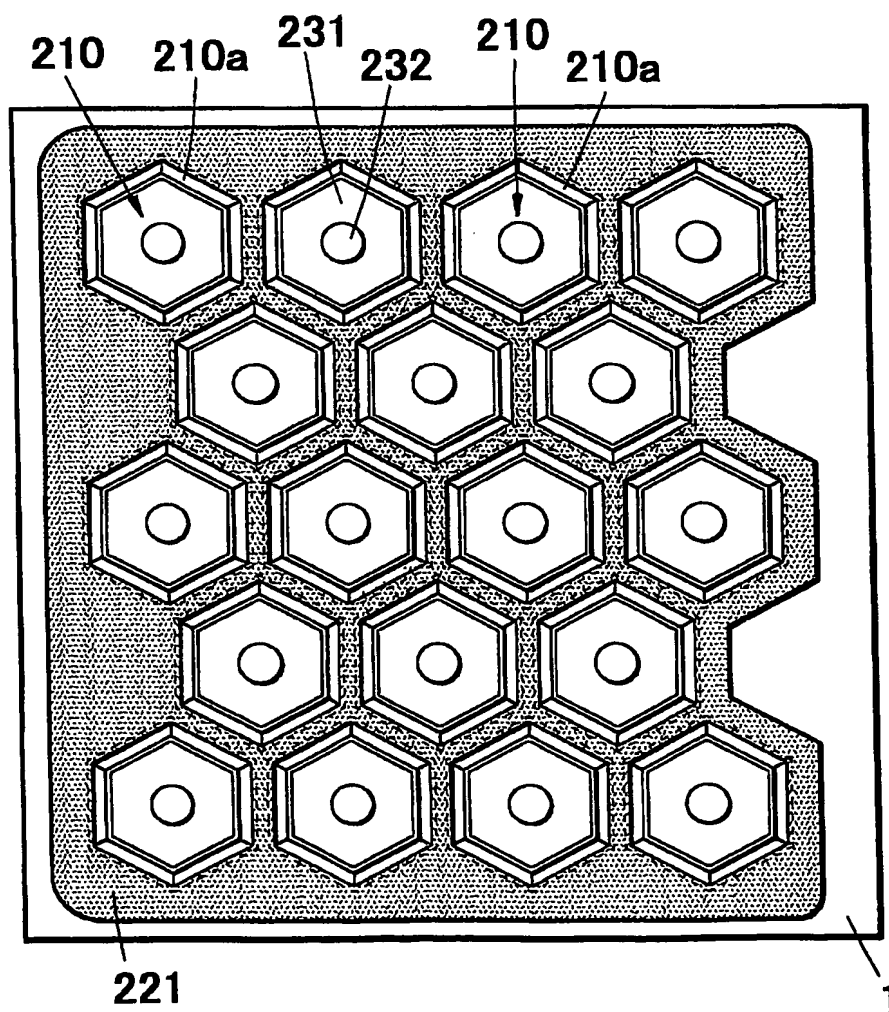


图 12

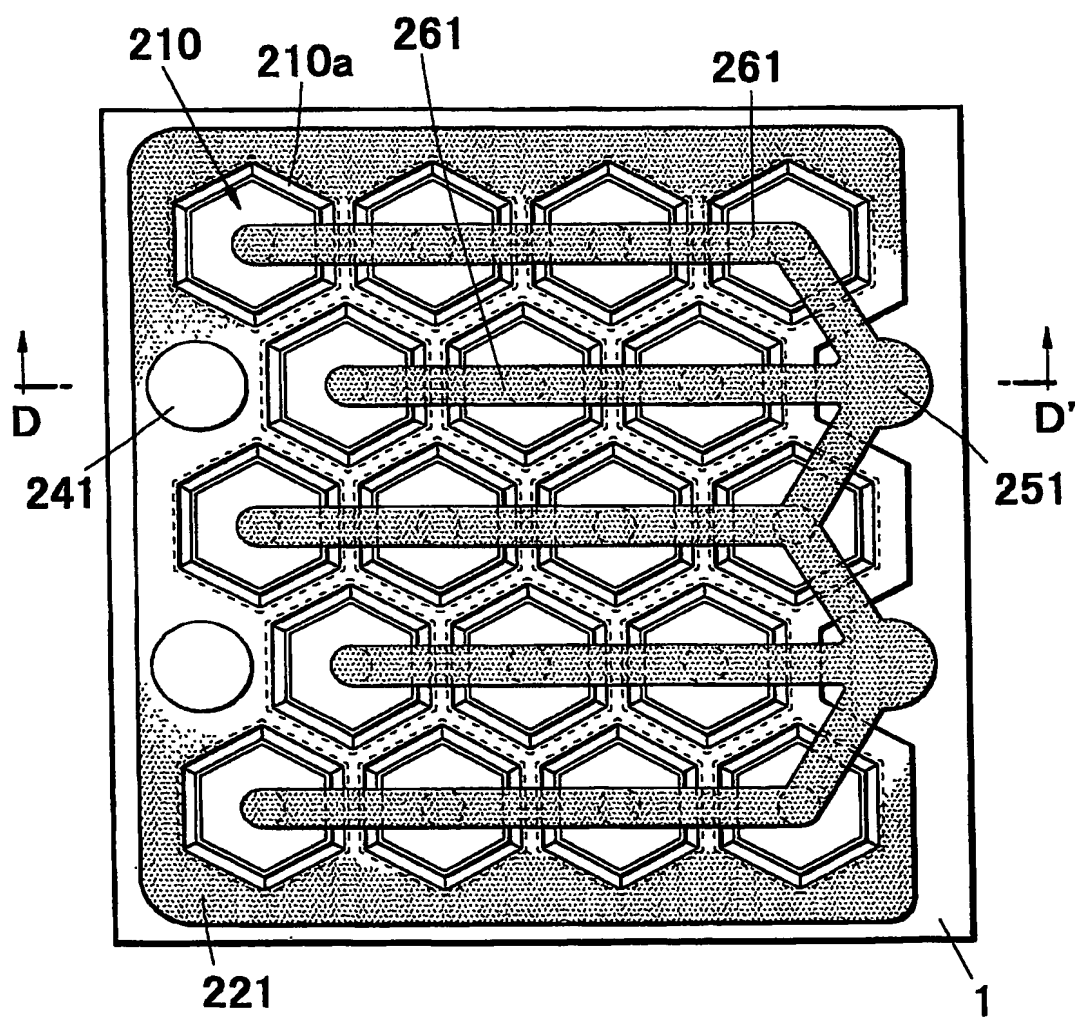
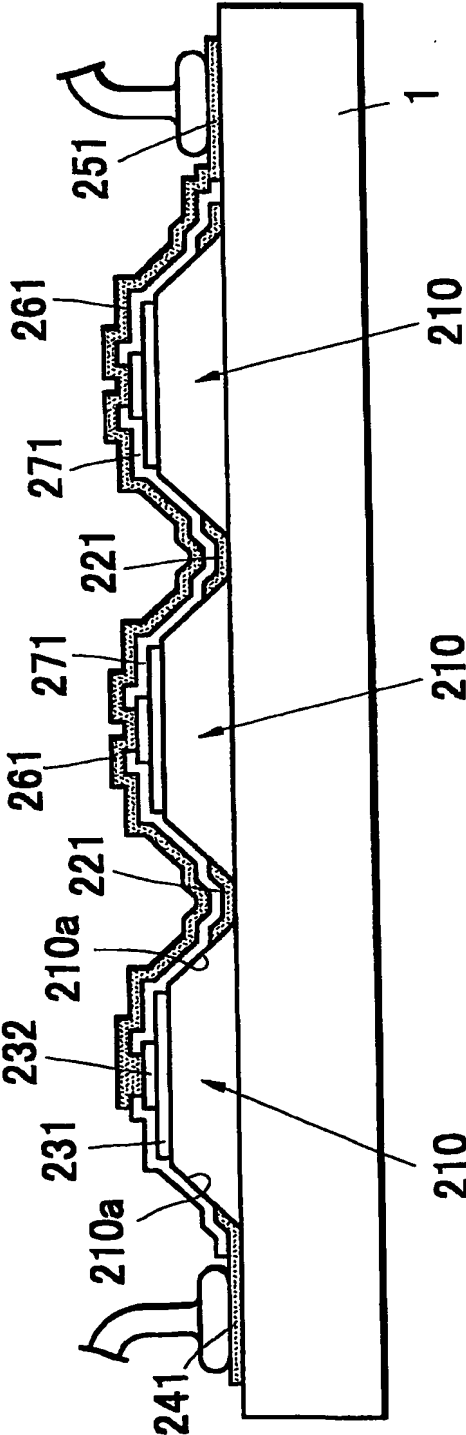


图 13



12/45

図 14

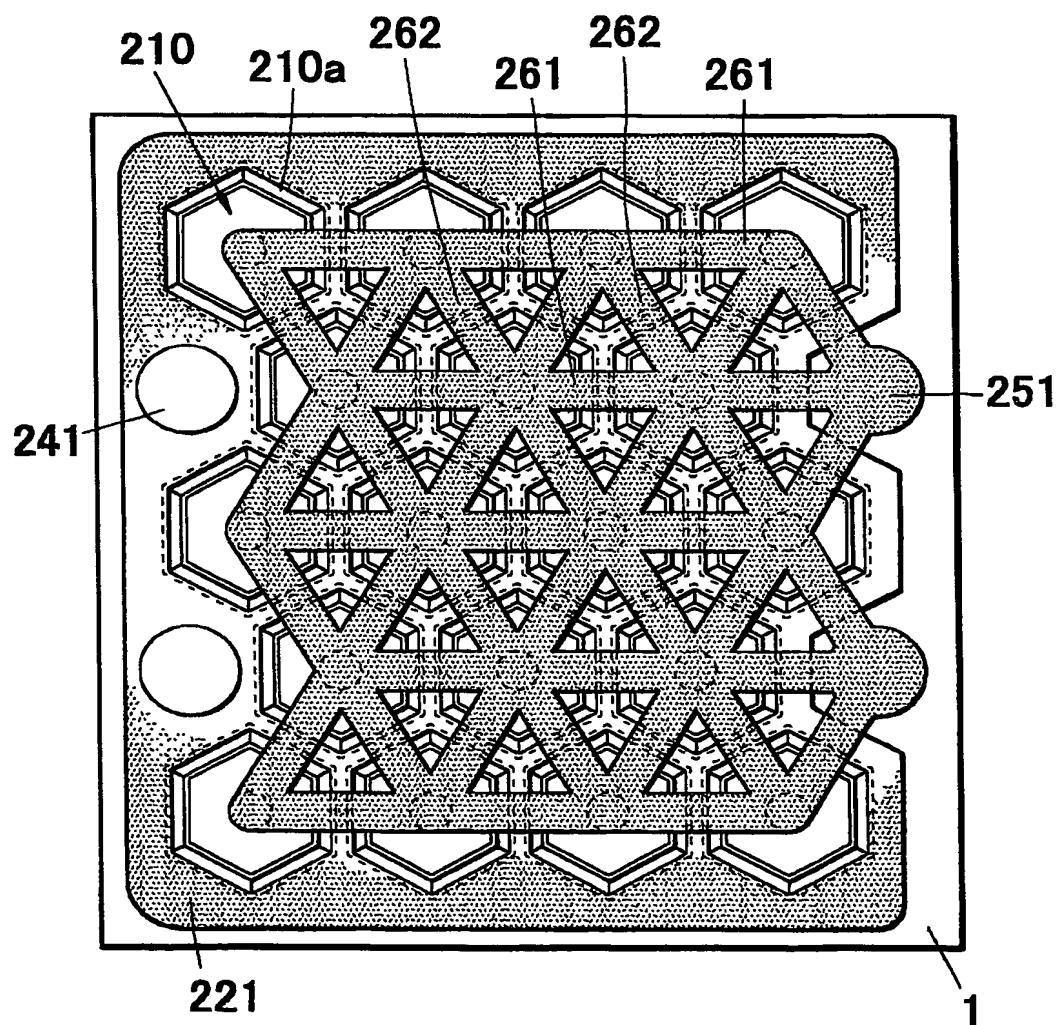
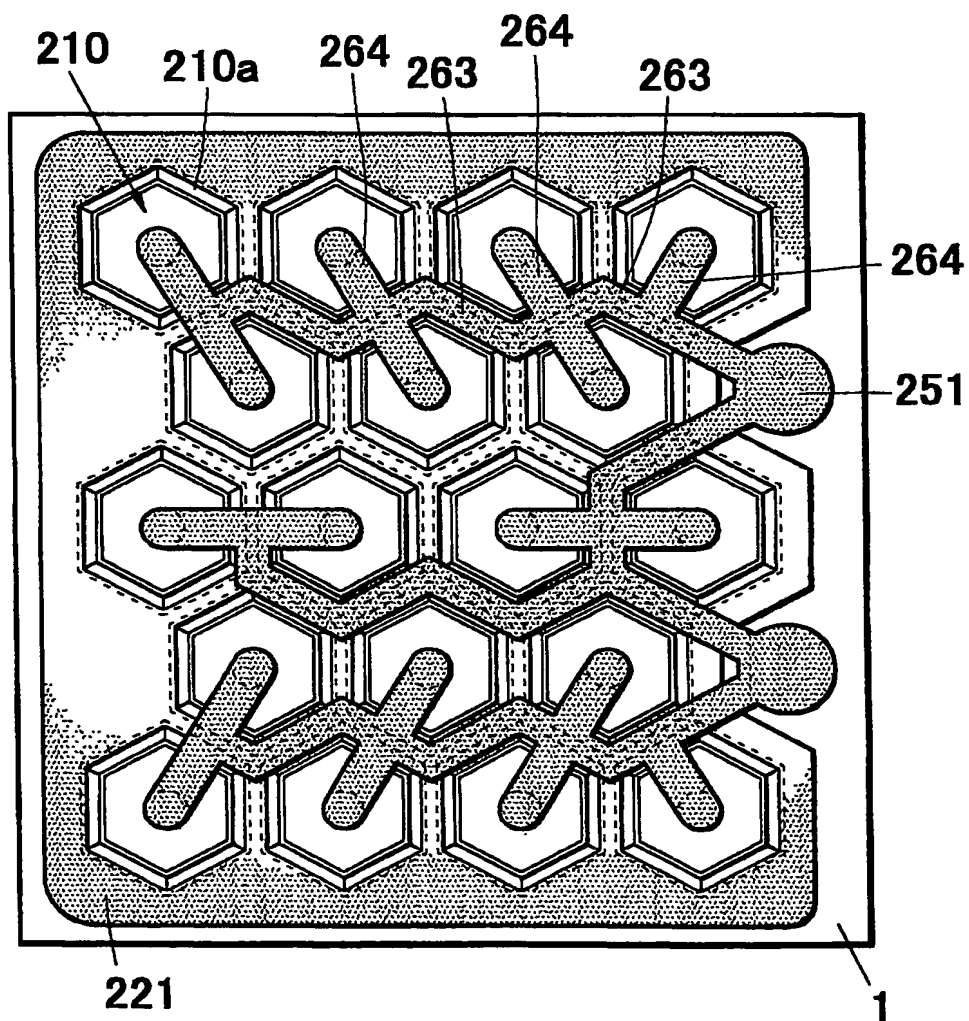


図 15



14/45

図16A

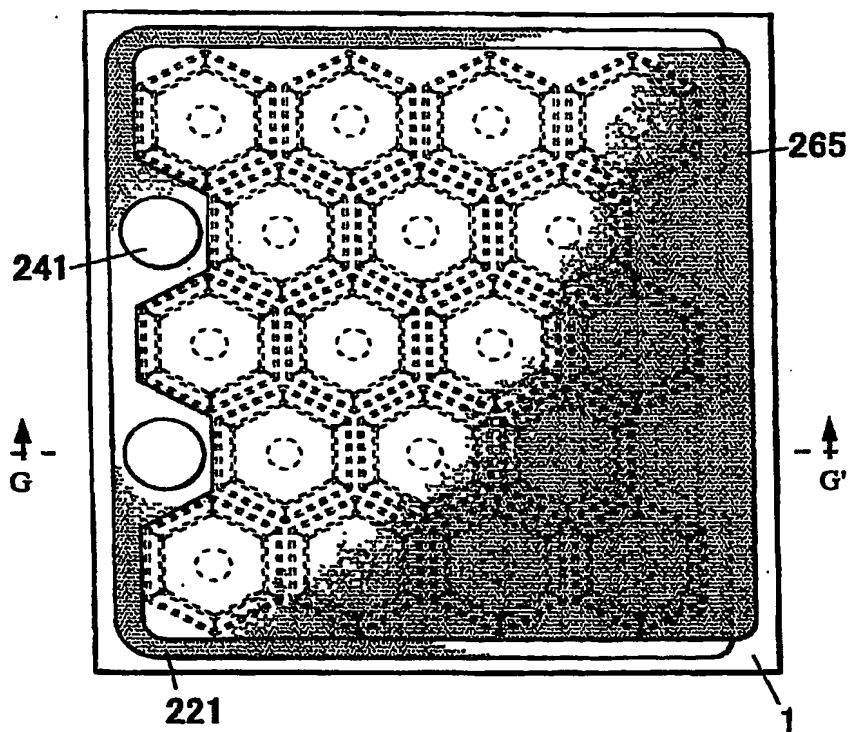


図16B

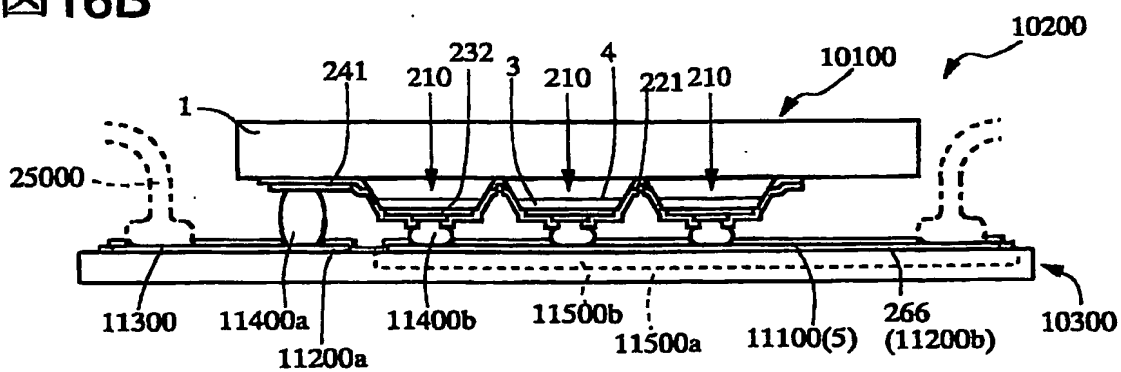
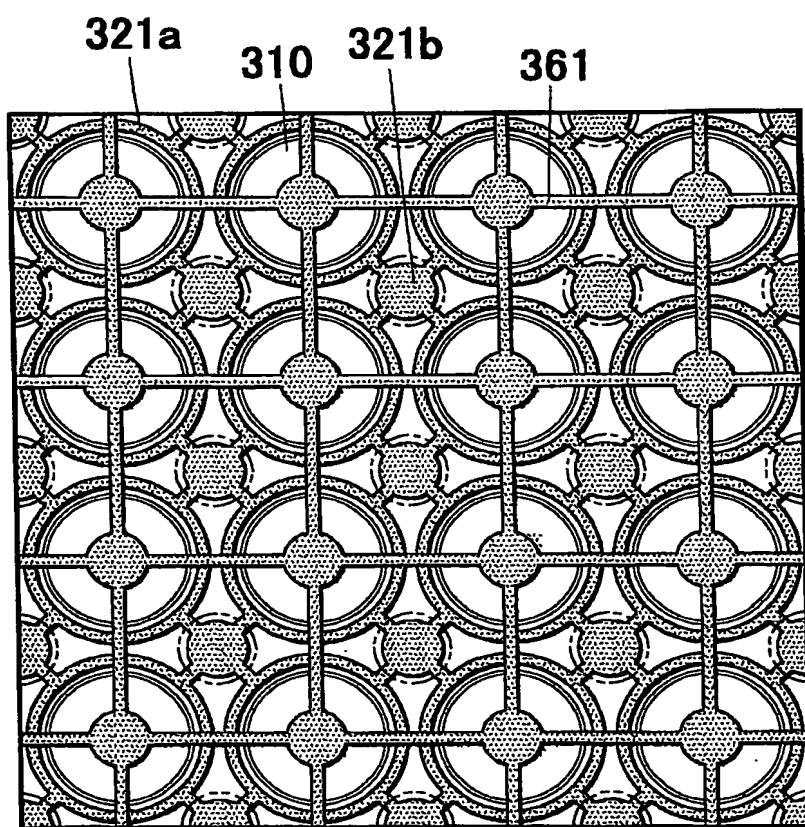
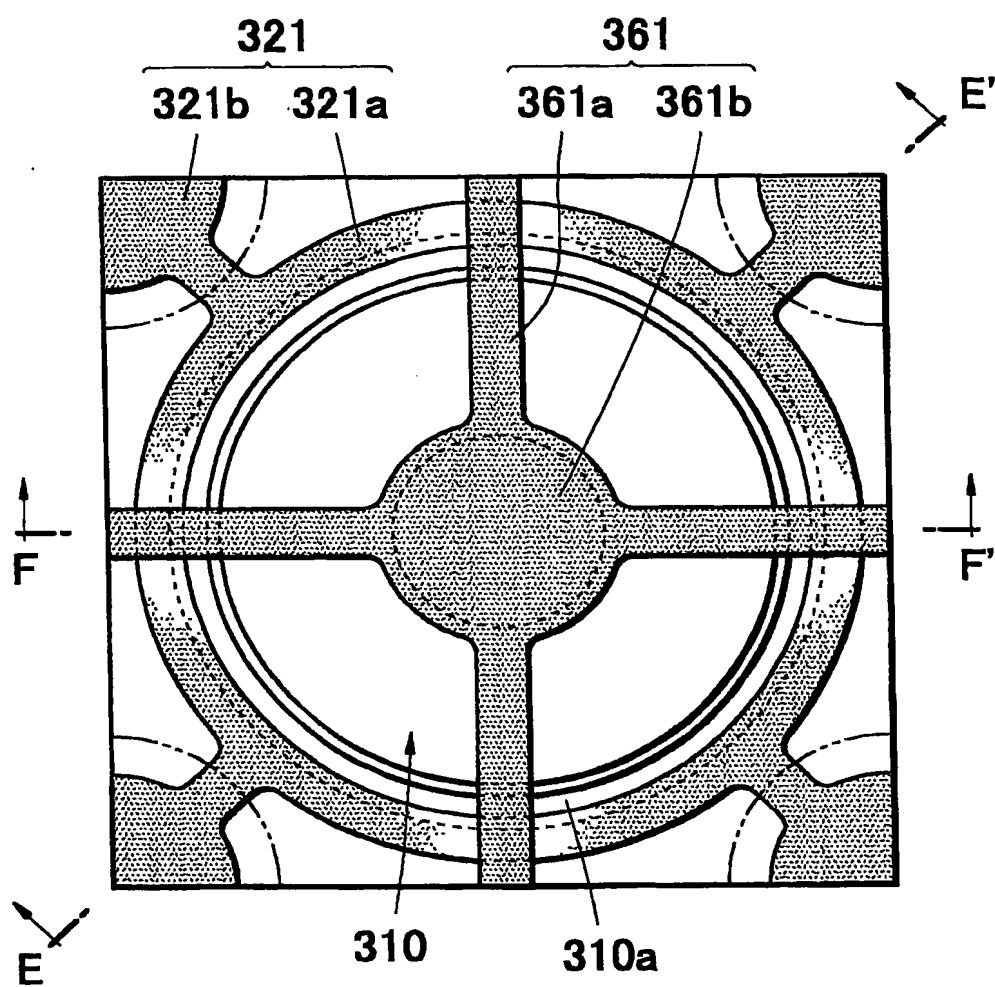


図 17



16/45

図 18



17/45

図 19 A

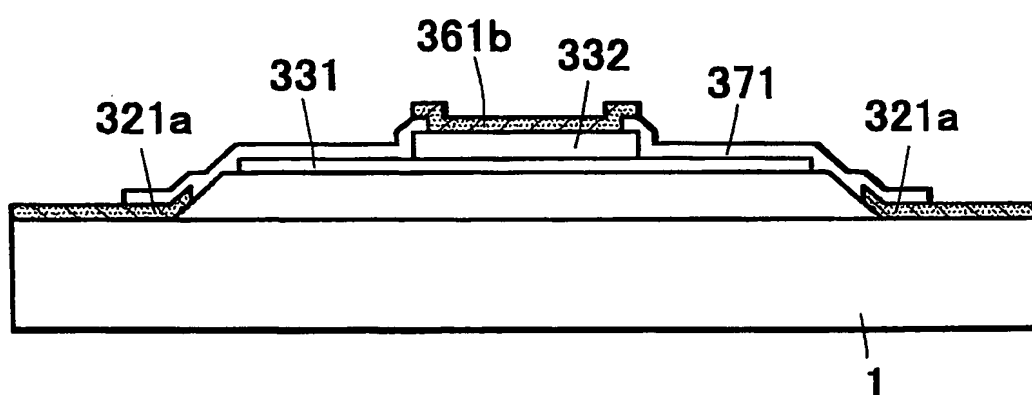
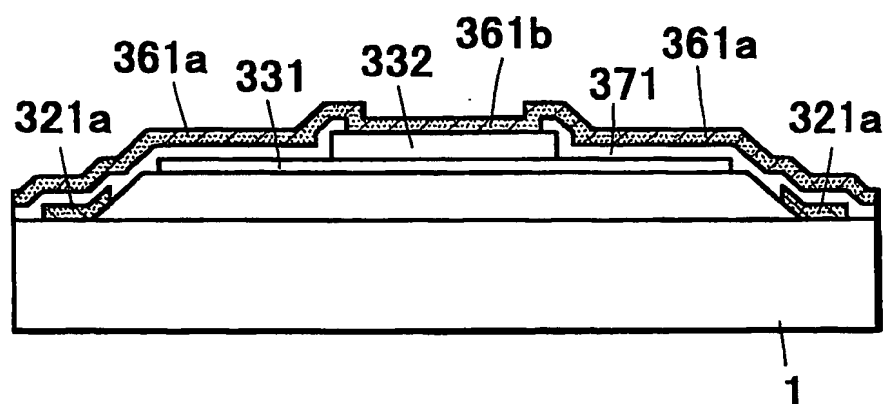


図 19 B



18/45

図 20 A

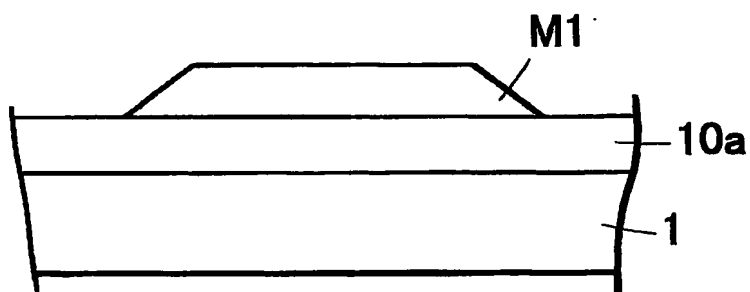


図 20 B

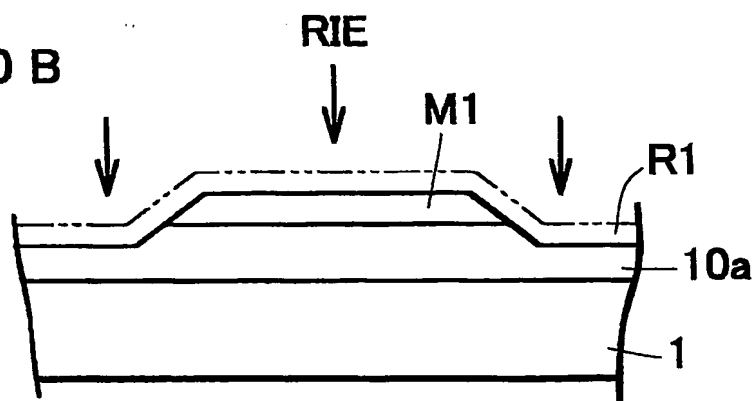
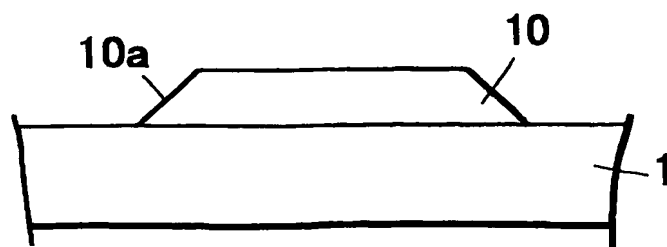
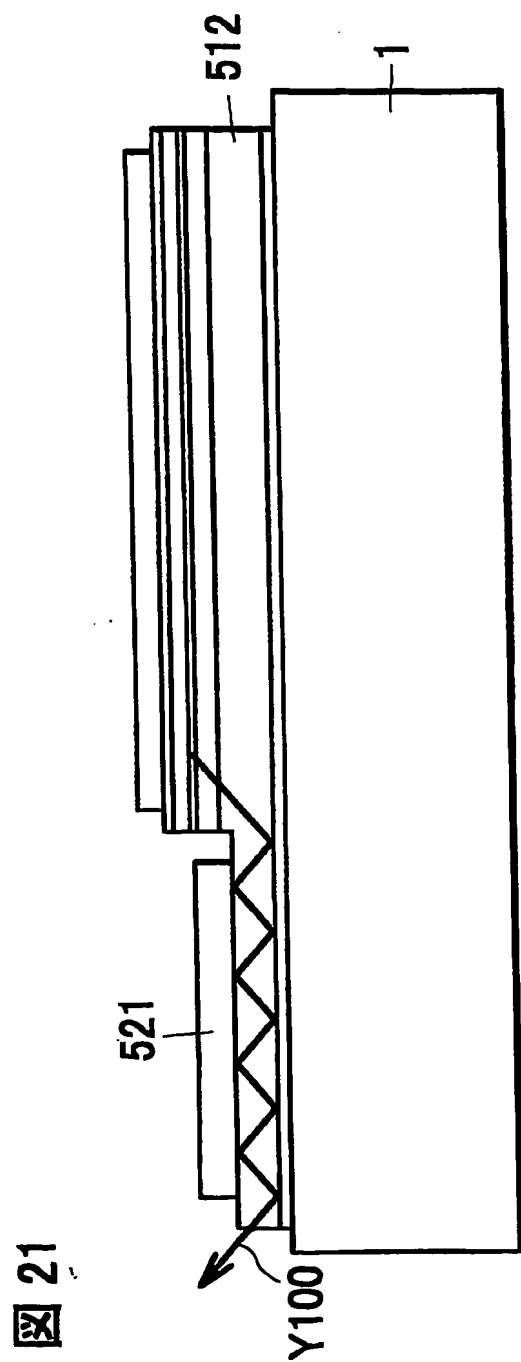


図 20 C



19/45



20/45

図 22

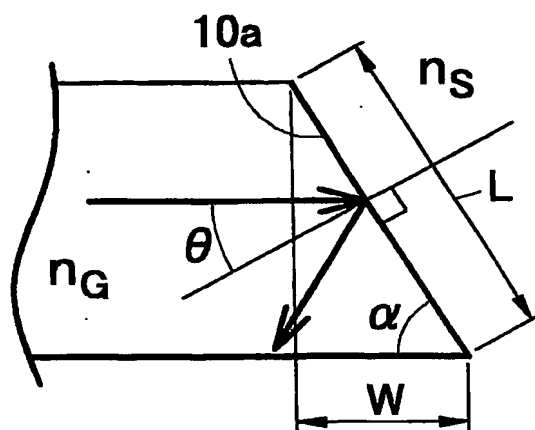


図 23 A

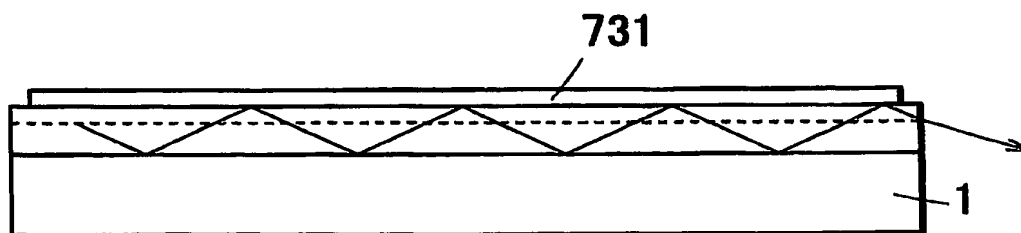


図 23 B

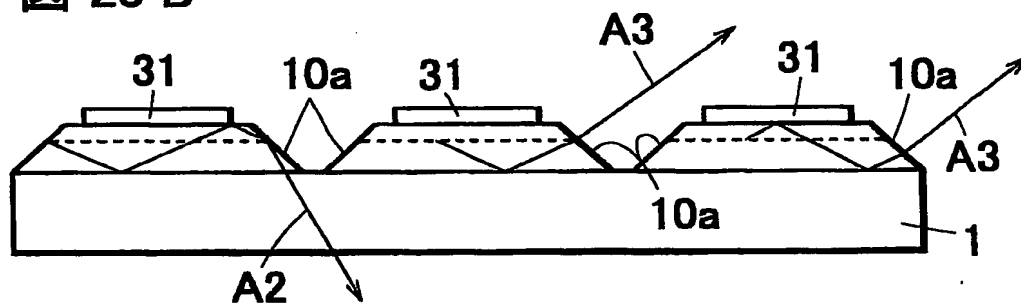


図 23 C

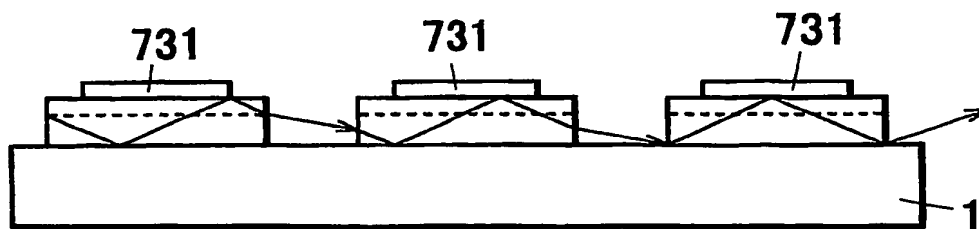
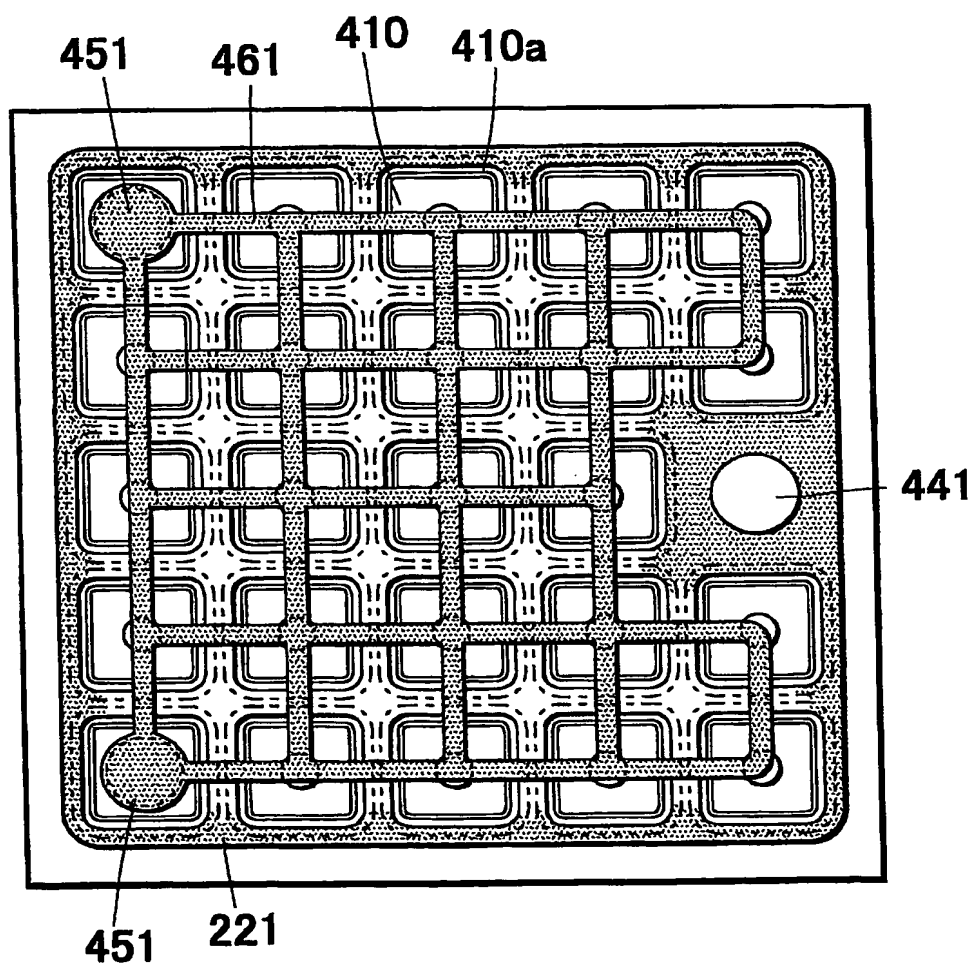
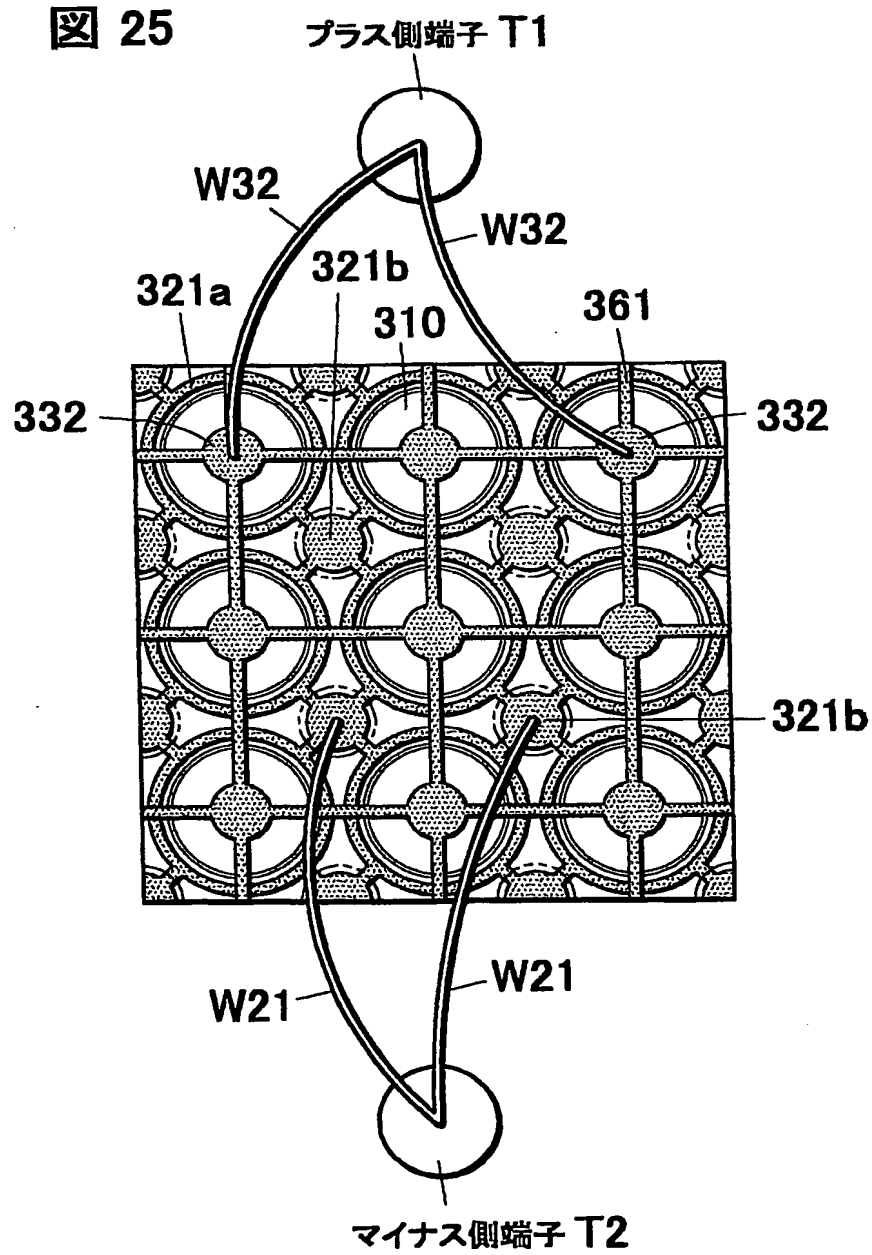


図 24



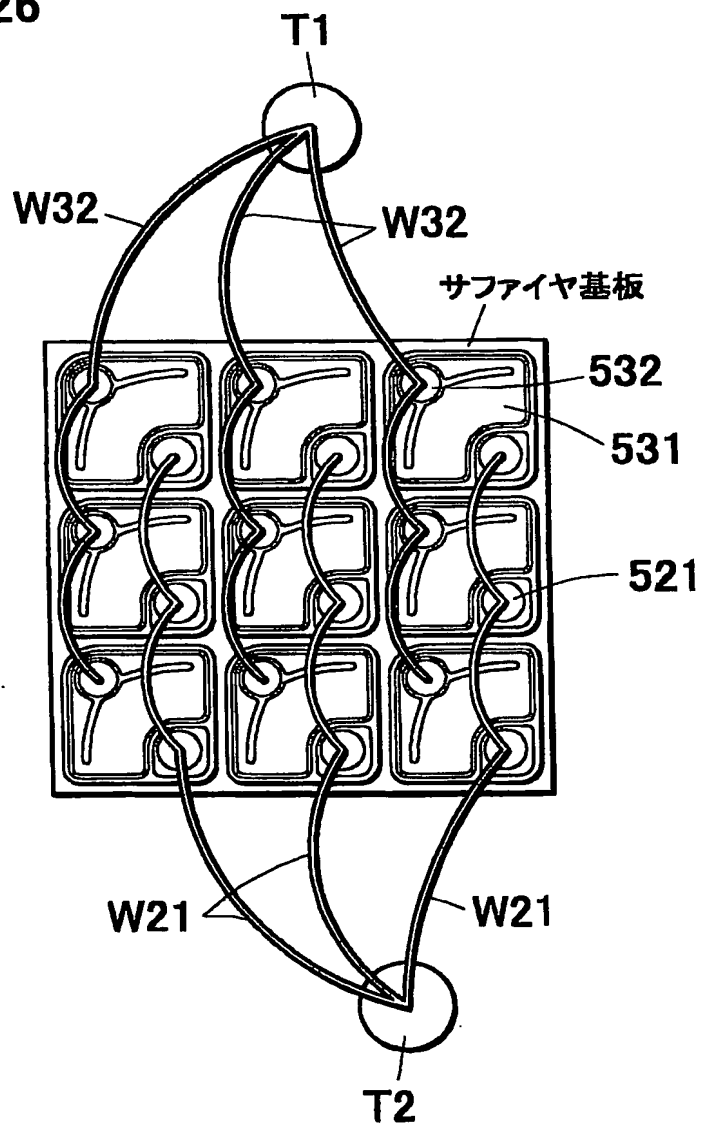
23/45

図 25



24/45

図 26



25/45

図 27

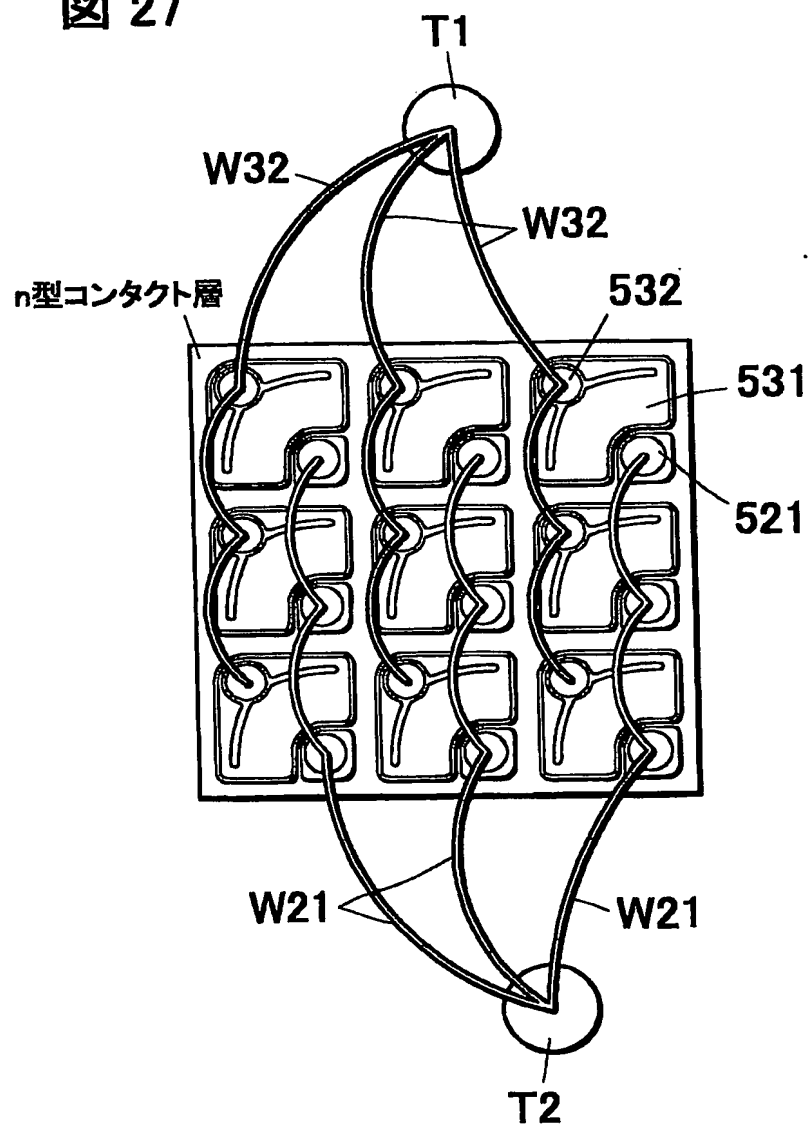


図 28

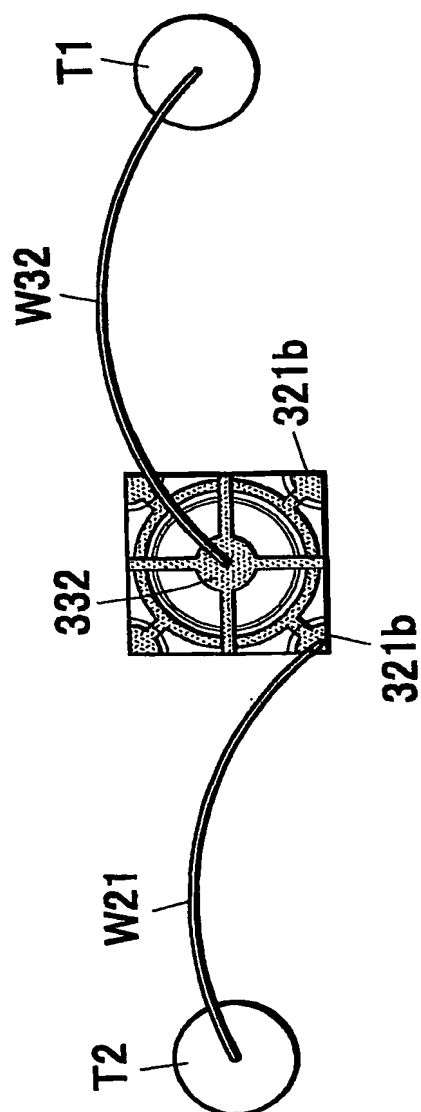


図 29 A

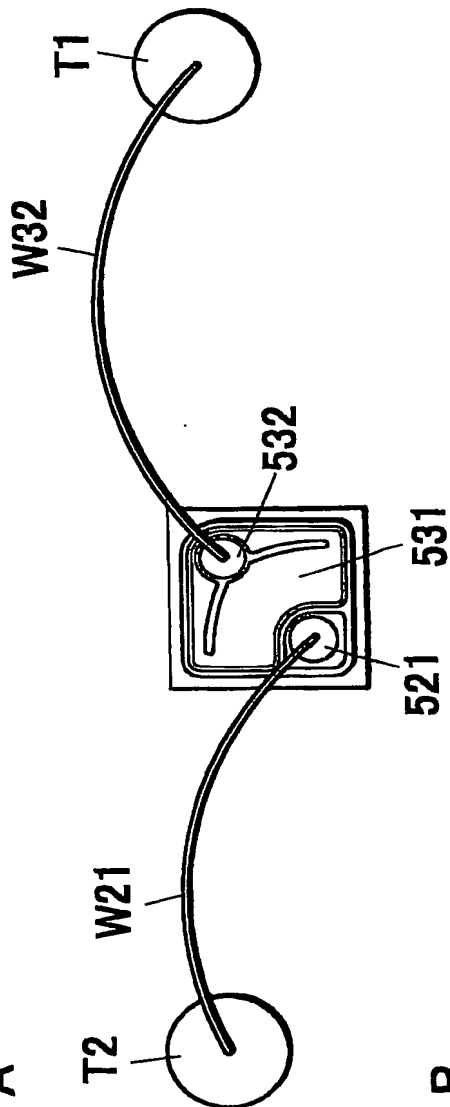
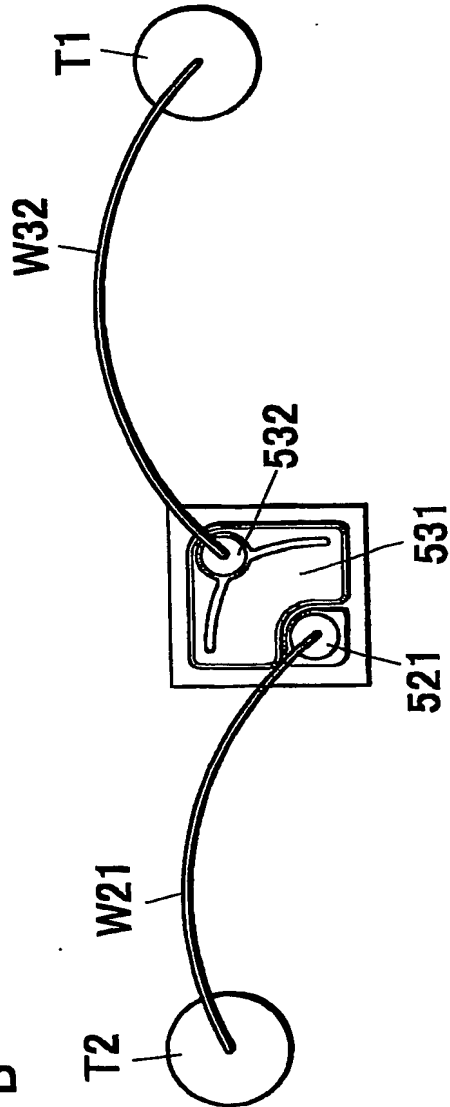


図 29 B



28/45

図 30

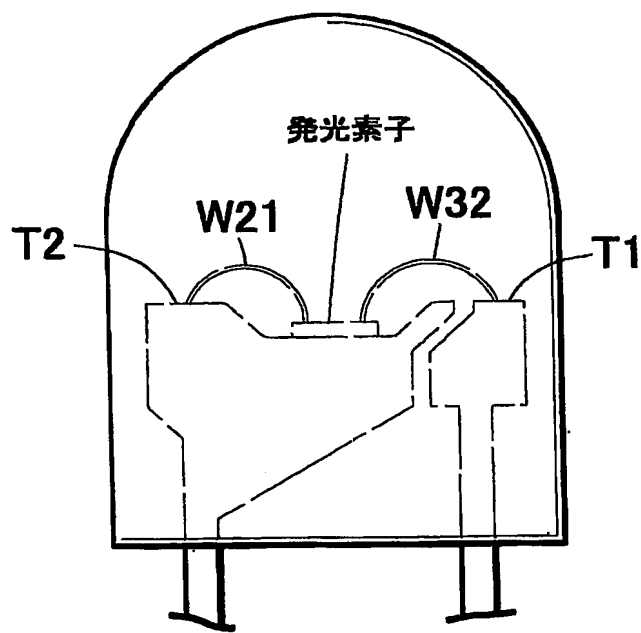
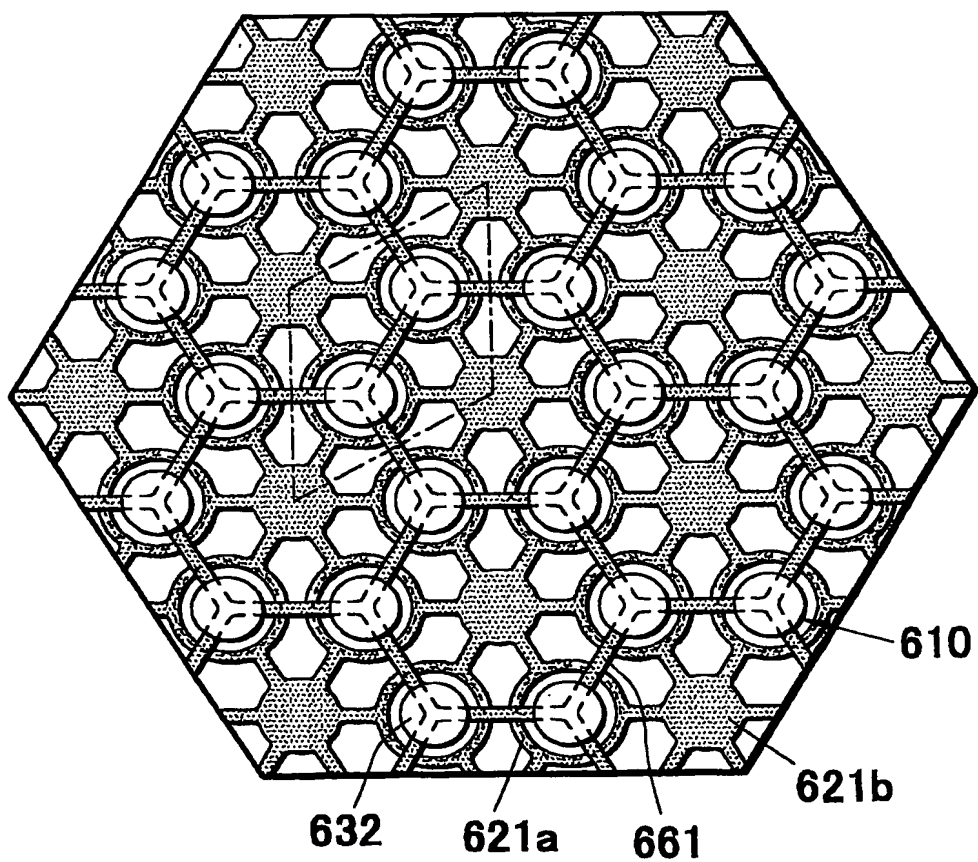
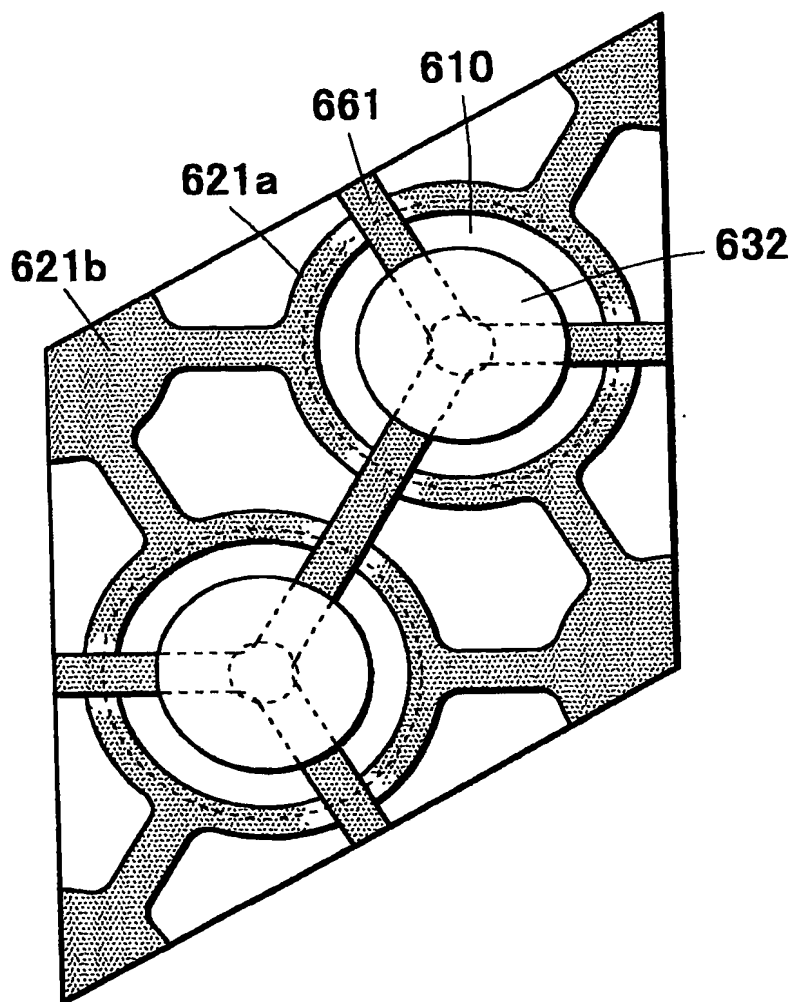


図 31



30/45

図 32



31/45

図33A

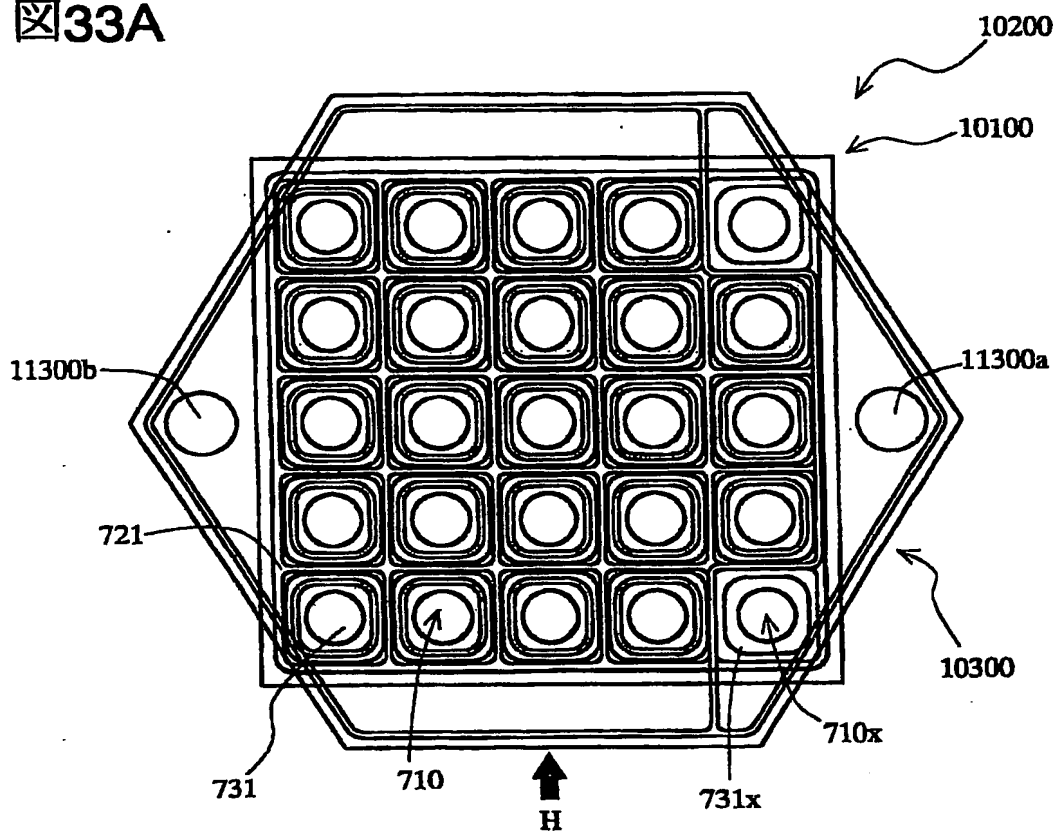
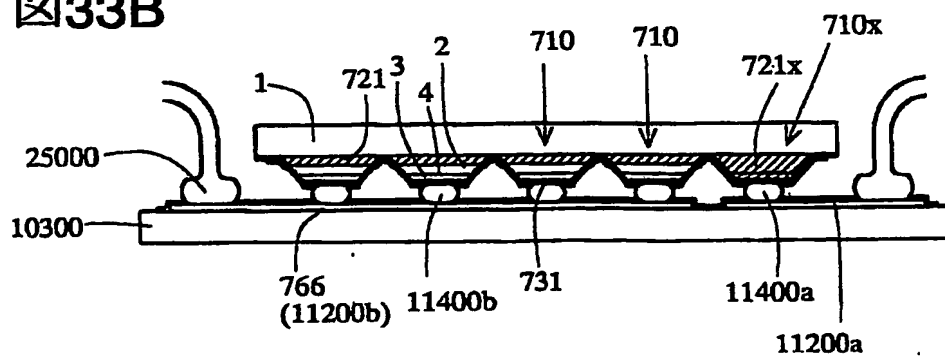
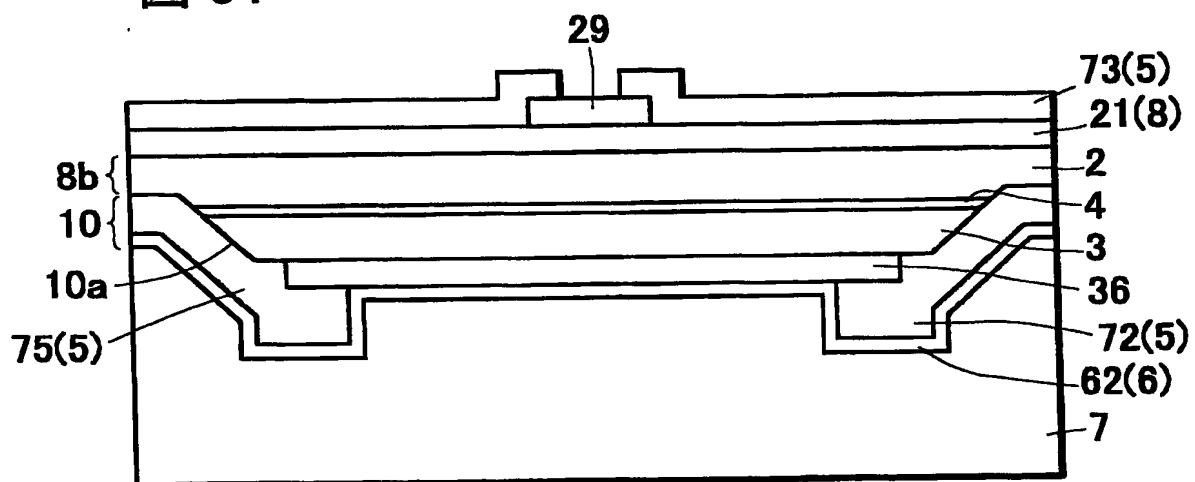


図33B



32/45

図 34



33/45

図 35

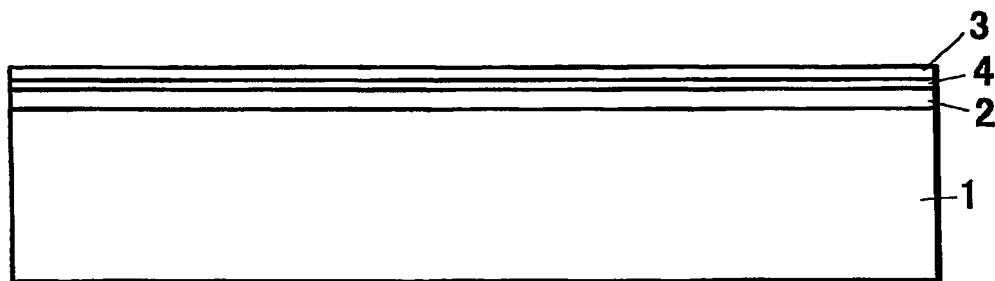


図 36

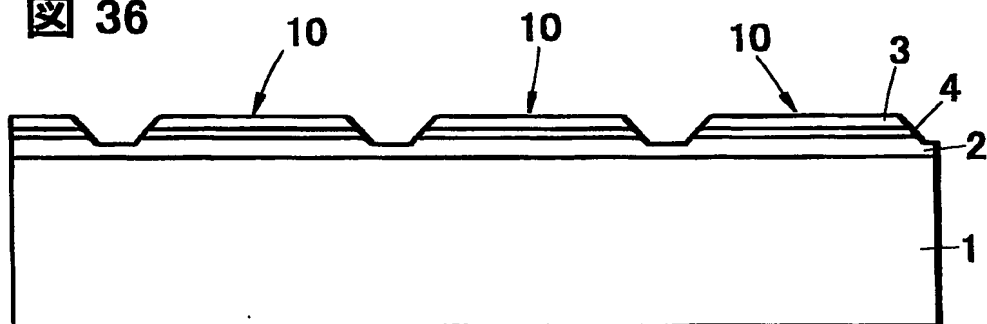
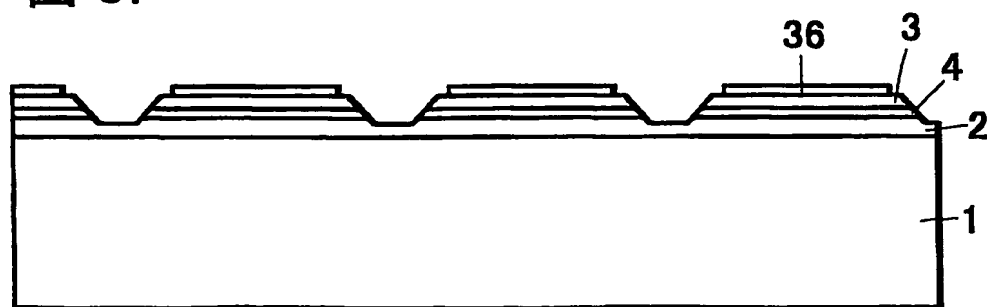


図 37



34/45

図 38

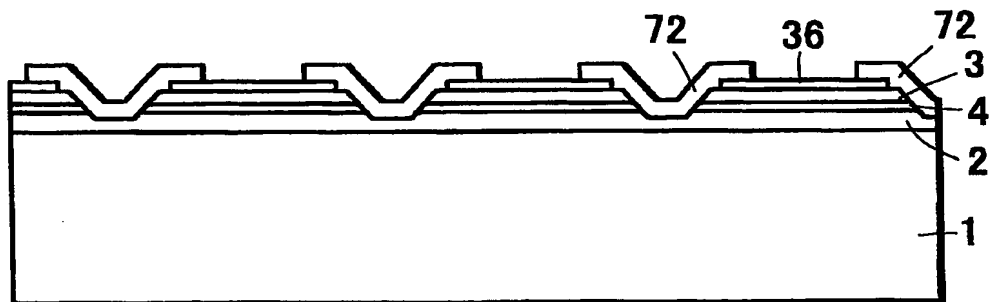


図 39

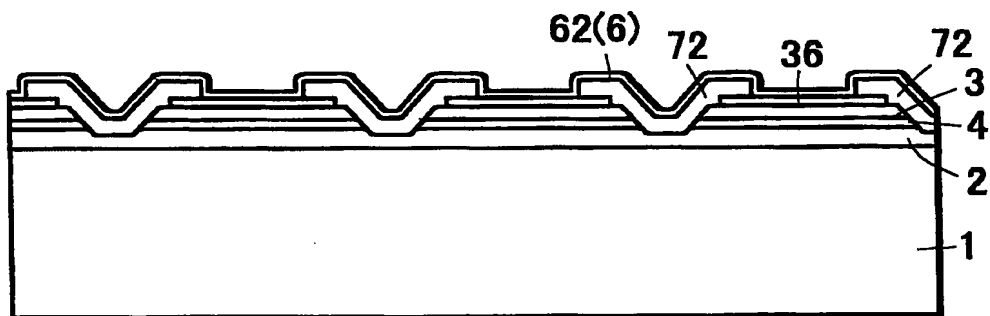
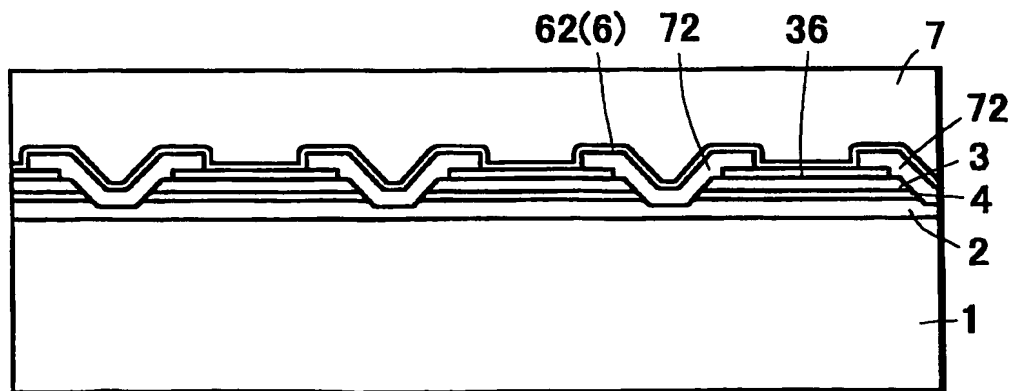


図 40



35/45

図 41

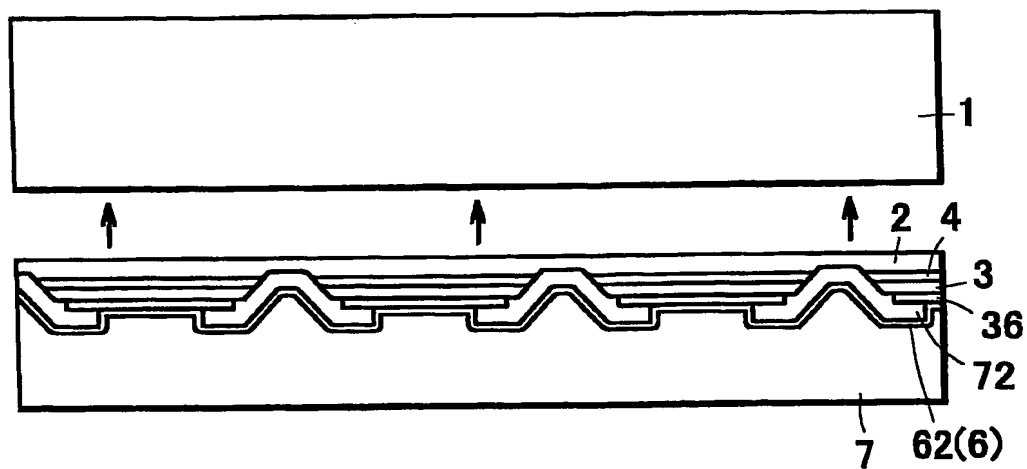


図 42

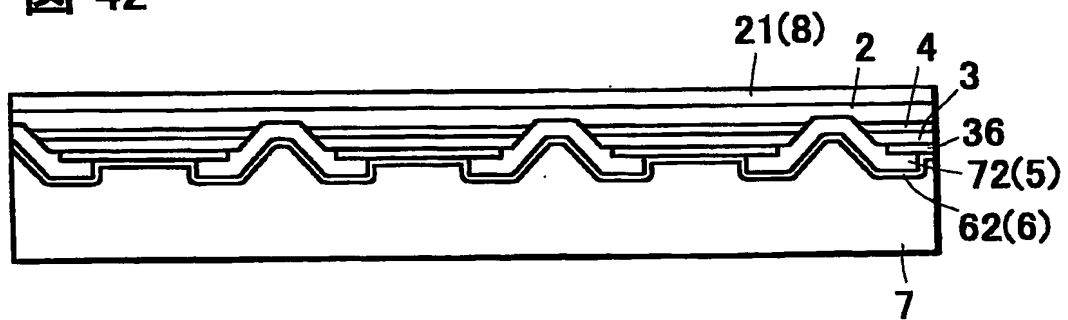
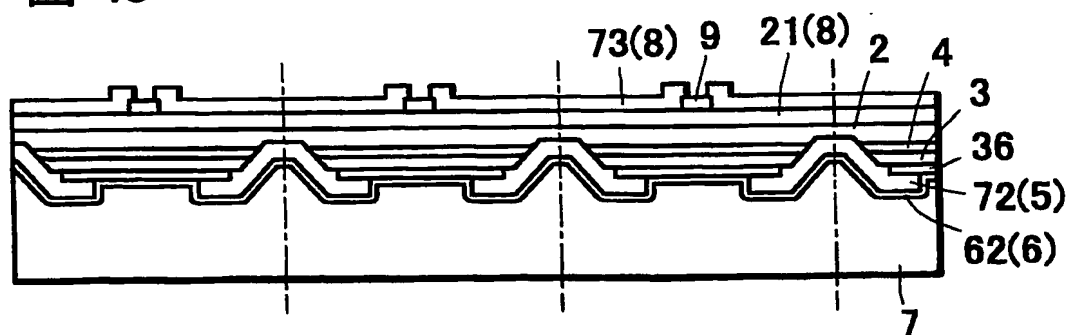


図 43



36/45

図 44 A

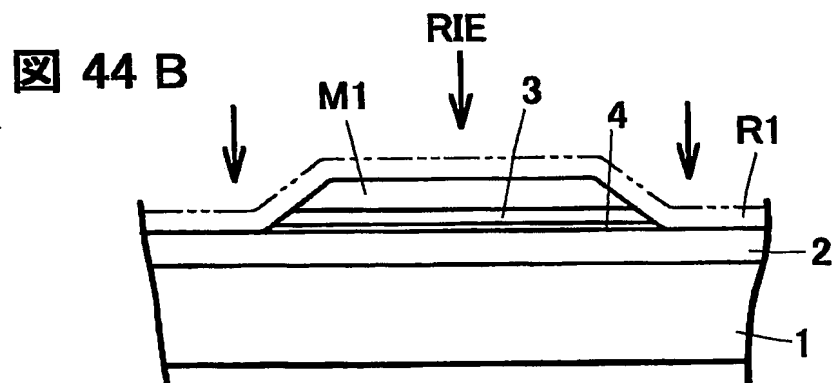
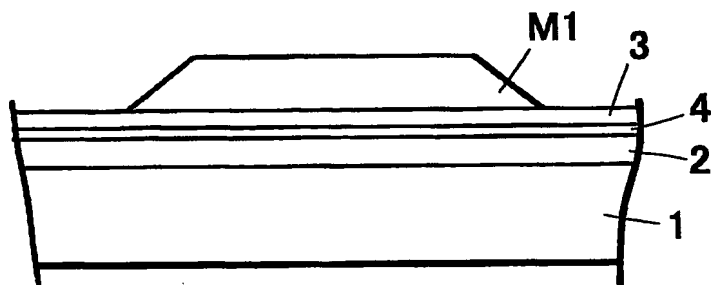
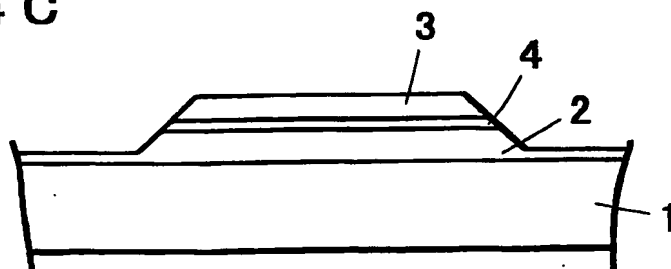


図 44 C



37/45

図 45

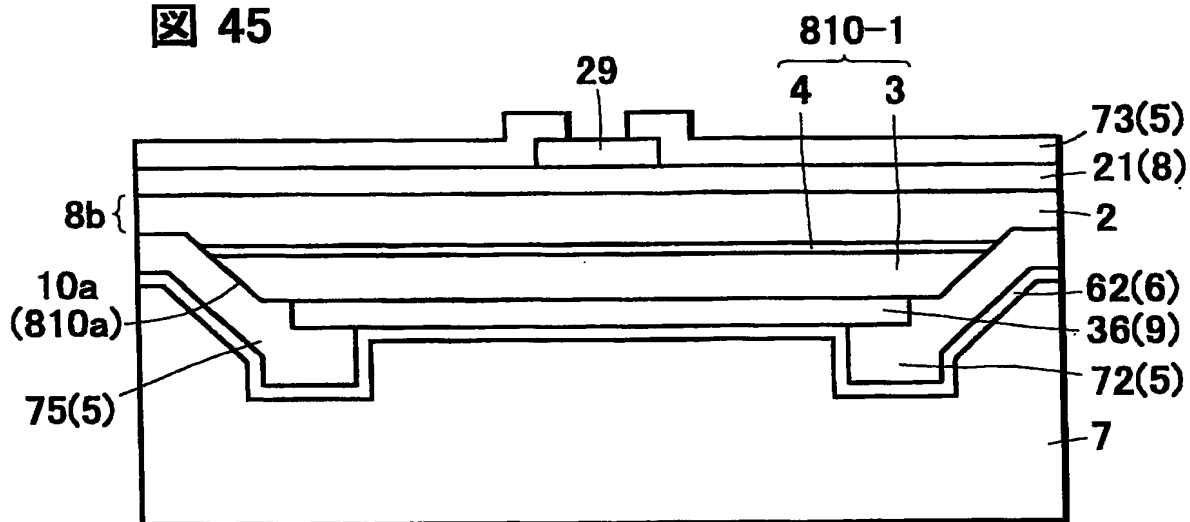
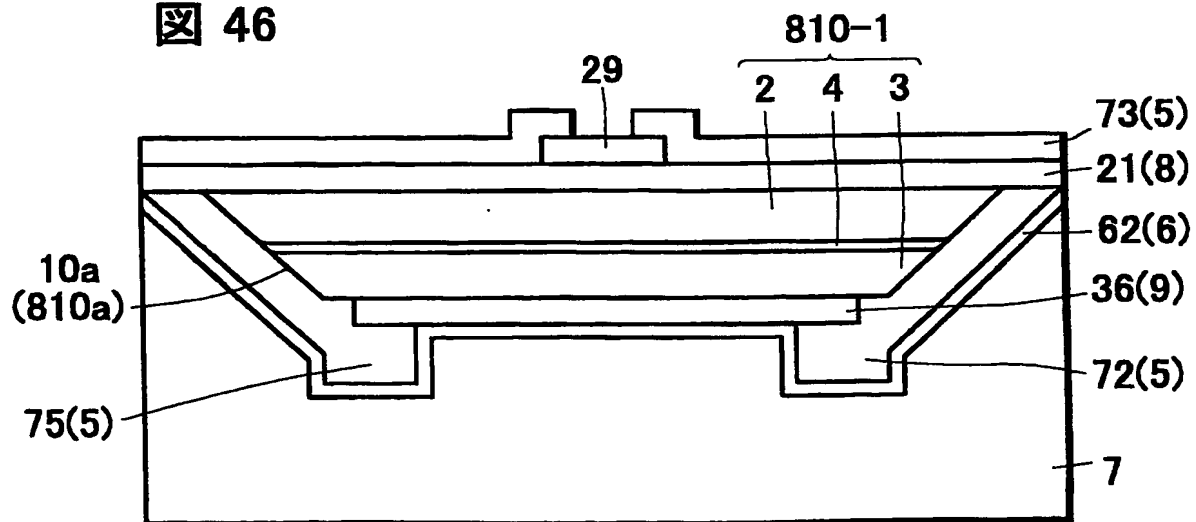


図 46



38/45

図 47

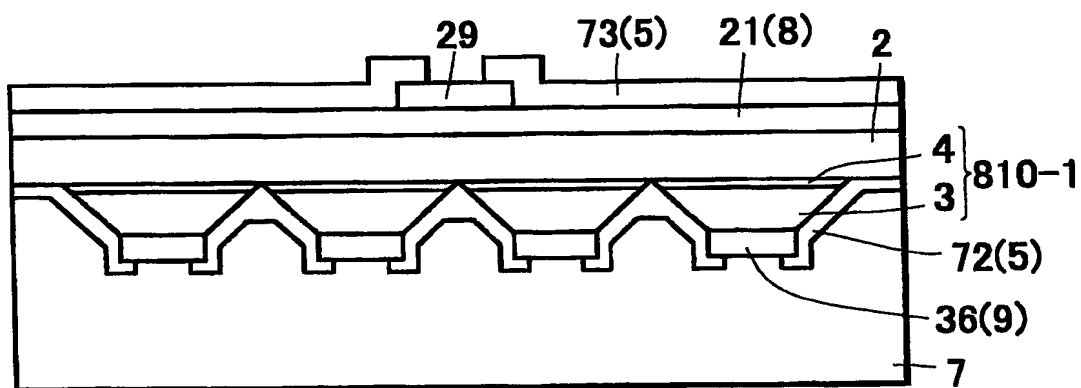


図 48

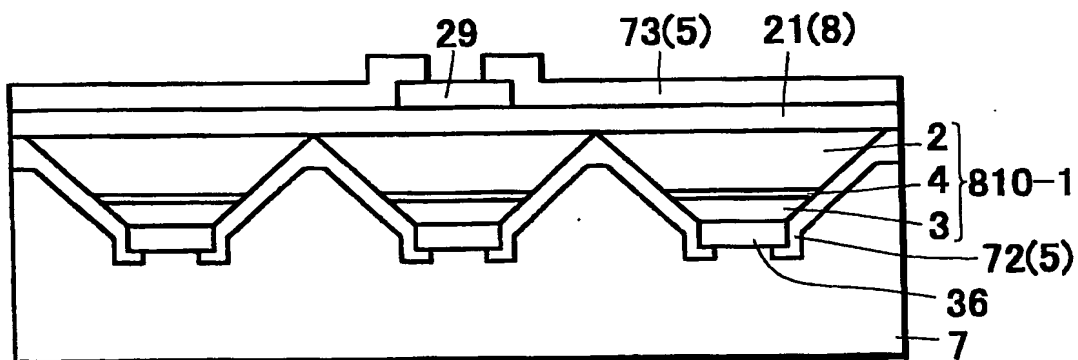
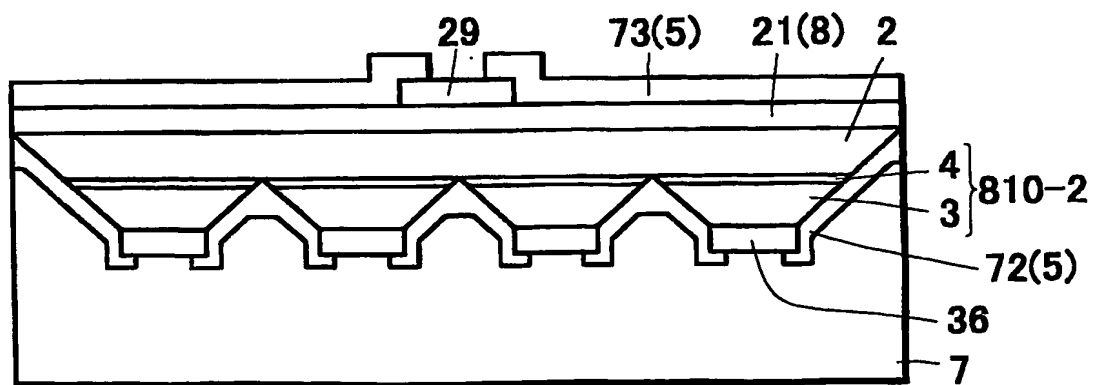


図 49



39/45

図 50

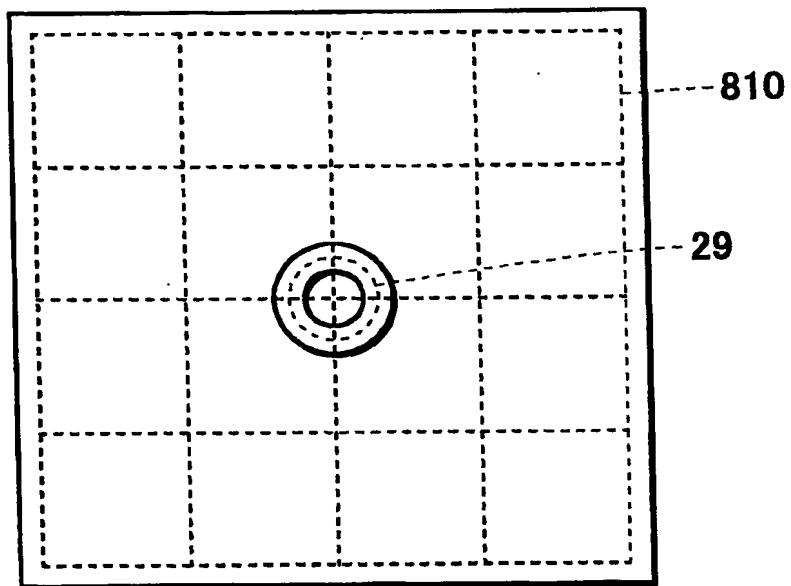
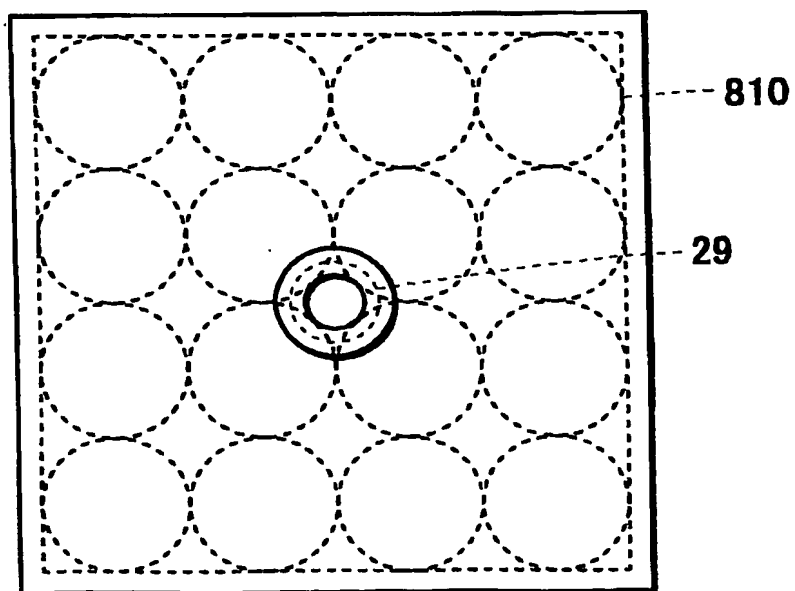
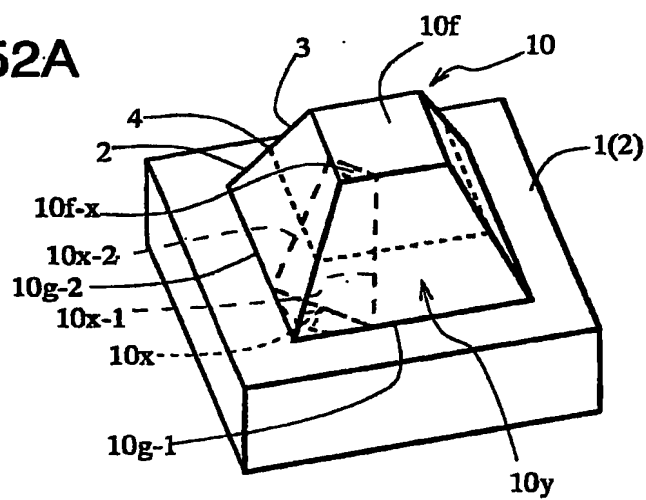


図 51

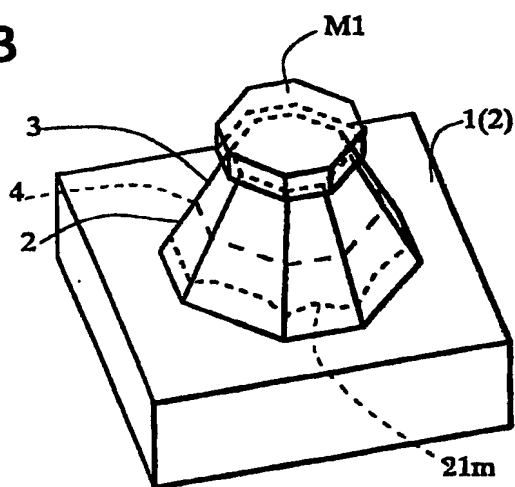


40/45

52A



52B



41/45

図53A

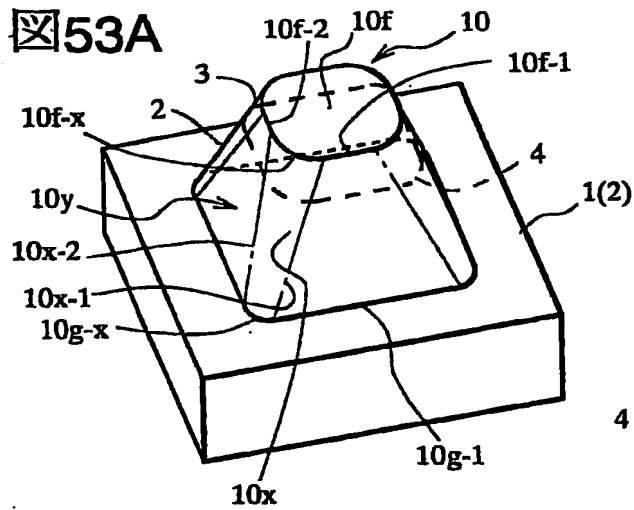


図53B

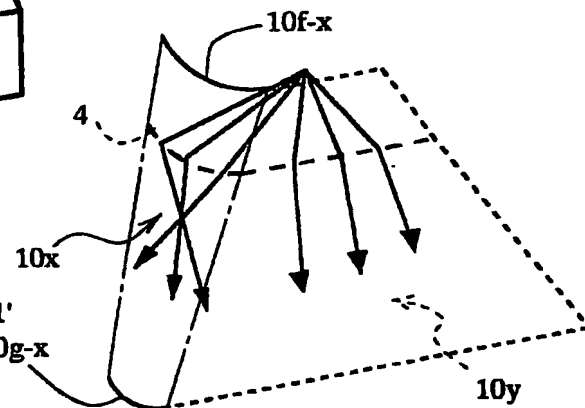


図53C

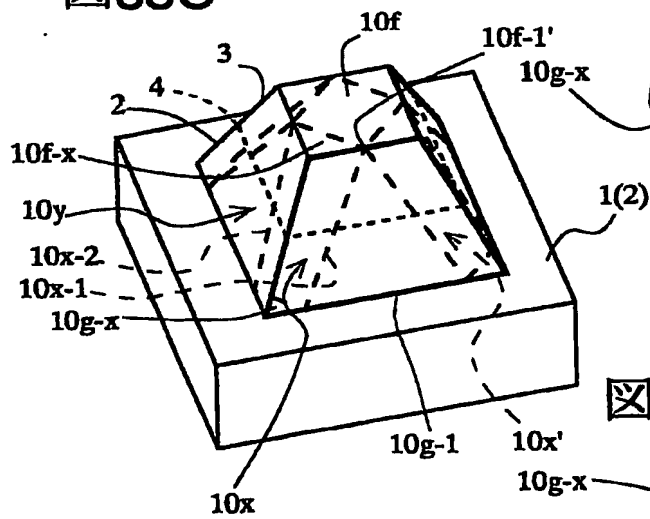
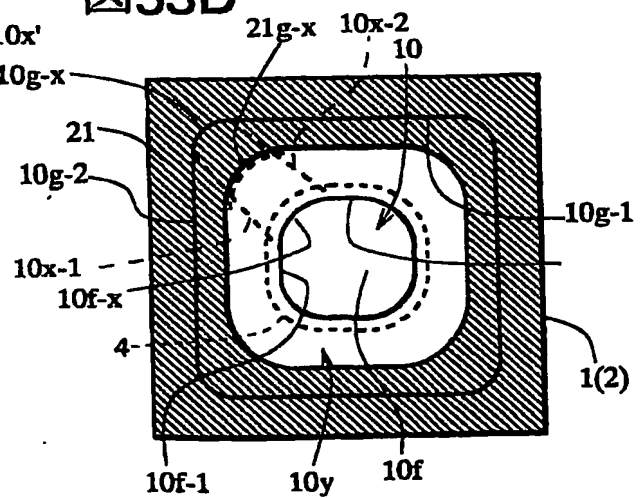


図53D



43/45

図56

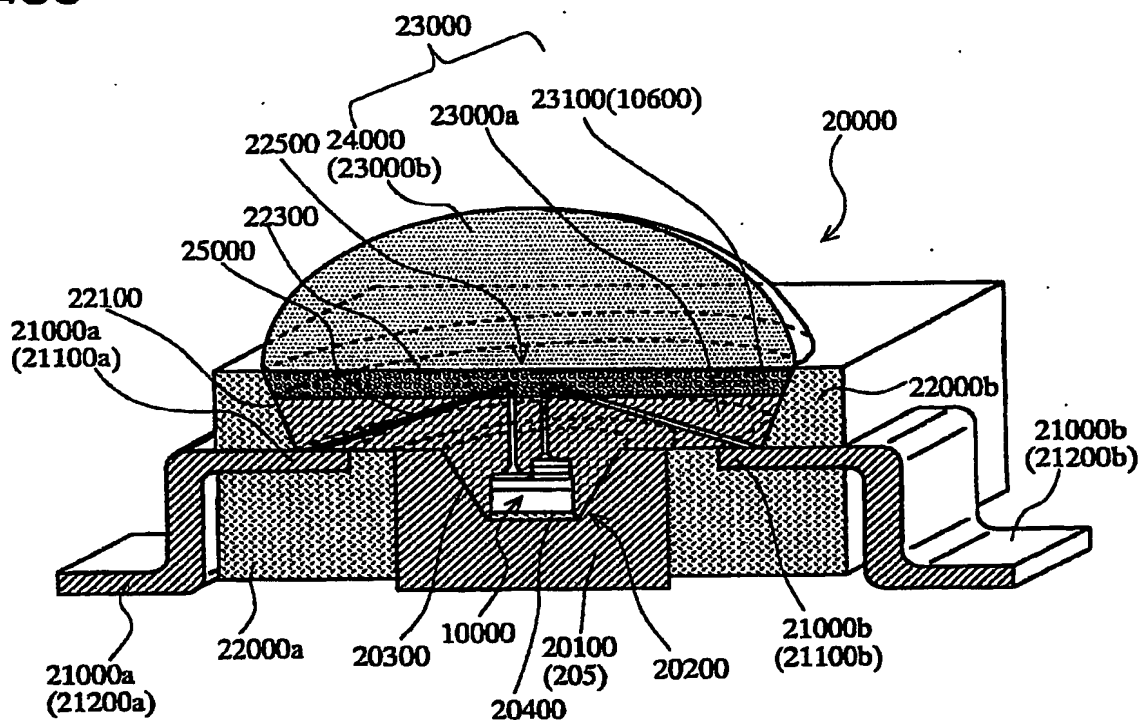


図57A

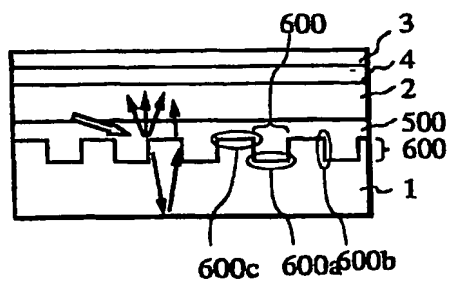


図57B

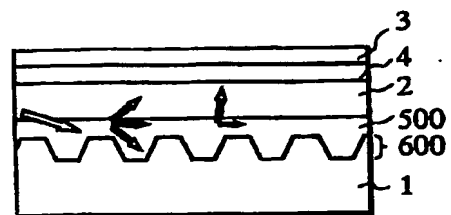


図57C

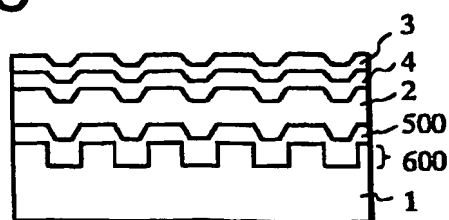
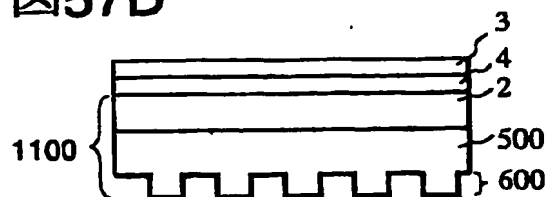


図57D



44/45

図58

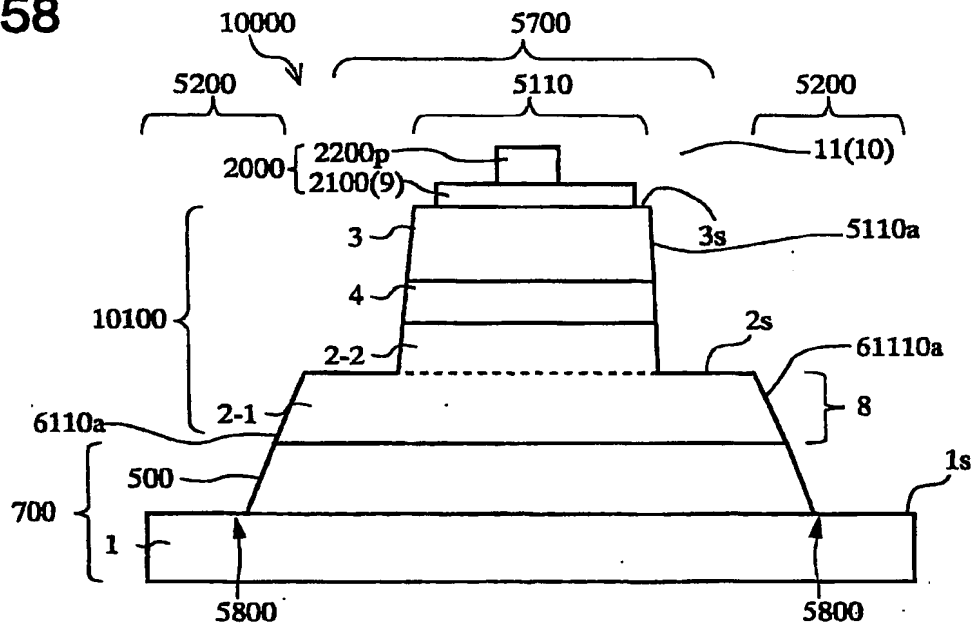


図59A

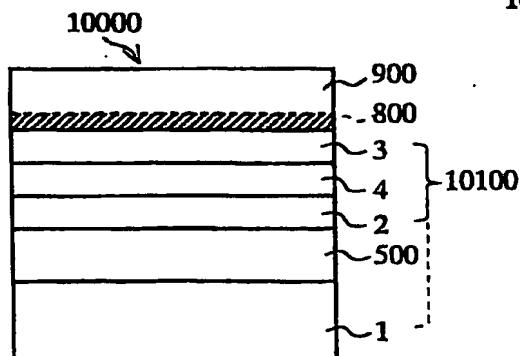
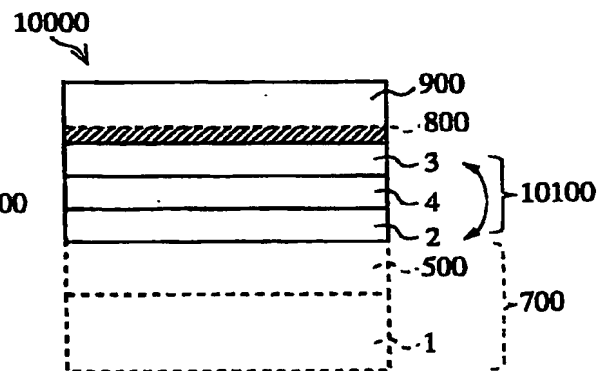


図59B



45/45

図 60A

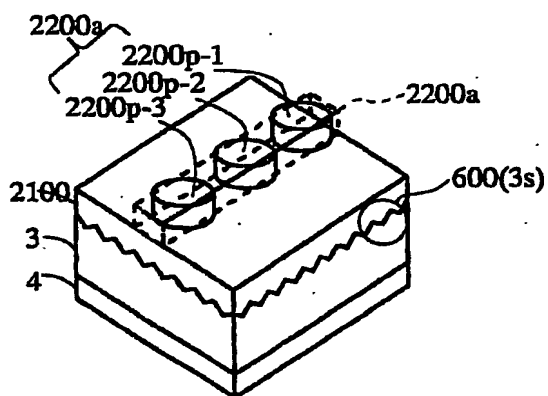


図 60B

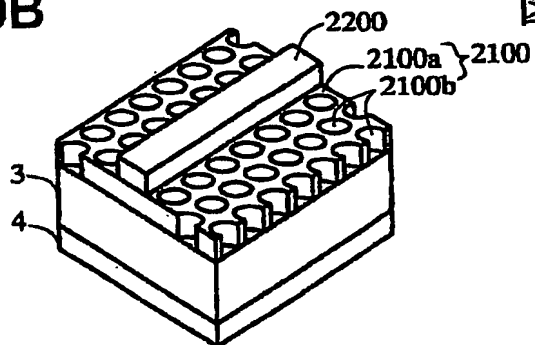


図 60C

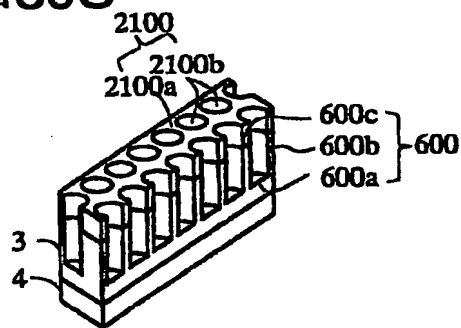


図 60D

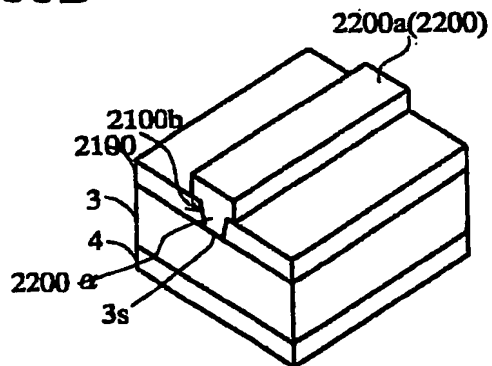
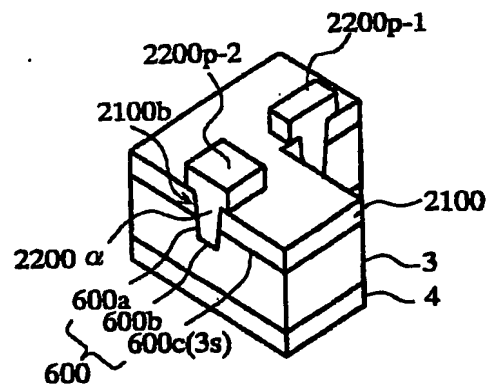


図 60E



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09836

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-330559 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 30 November, 1999 (30.11.99), Full text; all drawings (Family: none)	1, 2

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28 November, 2003 (28.11.03)Date of mailing of the international search report
09 December, 2003 (09.12.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09836

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The international search has revealed that the constitution of the invention of claim 1 was publicly known at the time of filing. Accordingly, the constitution of the invention of claim 1 is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, since it makes no contribution over the prior art.

Since the inventions of claims 16, 18-22, and 24-26 are unclear, they are excluded from determination of technical features of claimed inventions.

(Continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1, 2

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09836

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet(1)

Claim 2: Electrode surrounds multilayer portion.
Claim 3: N electrode continues to lower surface of substrate.
Claim 4, 5: Circular or hexagonal multilayer portion
Claim 6-8, 23: Plural multilayer portions
Claim 9-12: Constitution of reflective layer
Claim 13: Shape of slope
Claim 14: Slope-embedding structure
Claim 15: Metal member holding structure
Claim 17: Use of transparent electrode
Claim 27, 28: Manufacturing method
Claim 29-50: Possession of first lateral surface

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ H01L 33/00		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ H01L 33/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003年		
国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 11-330559 A(三洋電機株式会社) 1999. 11. 30 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
28. 11. 03	09.12.03	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 道祖土 新吾	2K 9814
	電話番号 03-3581-1101	内線 3253

第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1に記載される発明の構成は、調査の結果、出願当時公知であったことが判明した。従って、上記請求の範囲1に記載される発明の構成は、先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において、特別な技術的特徴ではない。

なお、請求の範囲の判断において、請求の範囲16、18-22、24-26は、その発明の内容が不明であるから、判断の対象外としている。

請求の範囲2：電極が積層部を取り囲む

請求の範囲3：n電極が基板の下面まで連続

請求の範囲4、5：積層部が円形又は六角形

請求の範囲6-8、23：複数の積層部

請求の範囲9-12：反射層の構成

請求の範囲13：傾斜面形状

請求の範囲14：傾斜面埋め込み構造

請求の範囲15：金属材料保持構造

請求の範囲17：透明電極の利用

請求の範囲27、28：製法

請求の範囲29-50：第1側面を有する

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲1, 2

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.